



Place du doppler des flux “ 12 points ” dans le diagnostic de l’artériopathie oblitérante des membres inférieurs

Grégory Farrugia

► To cite this version:

Grégory Farrugia. Place du doppler des flux “ 12 points ” dans le diagnostic de l’artériopathie oblitérante des membres inférieurs. Médecine humaine et pathologie. 2016. dumas-01361061

HAL Id: dumas-01361061

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01361061>

Submitted on 6 Sep 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L’archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d’enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITE DE NICE-SOPHIA ANTIPOLIS

FACULTE DE MEDECINE DE NICE

ANNEE 2016

THESE

POUR LE DIPLOME D'ETAT

DE

DOCTEUR EN MEDECINE

**PLACE DU DOPPLER DES FLUX « 12 POINTS »
DANS LE DIAGNOSTIC DE L'ARTERIOPATHIE
OBLITERANTE DES MEMBRES INFERIEURS**

Soutenue le 11 mai 2016

Par Grégory FARRUGIA
Né le 21 Décembre 1988 à Nice

Président du Jury :

Monsieur le Professeur Emile FERRARI

Assesseurs :

Monsieur le Professeur Jean-Pierre CAMOUS

Monsieur le Professeur Elixène JEAN-BAPTISTE

Monsieur le Docteur Thierry TIBI

Directeur de thèse :

Monsieur le Docteur Didier SCARLATTI



UNIVERSITÉ NICE-SOPHIA ANTIPOLIS

FACULTÉ DE MÉDECINE

Liste des professeurs au **1er septembre 2015** à la Faculté de Médecine de Nice

Doyen	M. BAQUÉ Patrick
Vice-Doyen	M. BOILEAU Pascal
Assesseurs	M. ESNAULT Vincent M. CARLES Michel Mme BREUIL Véronique M. MARTY Pierre
Conservateur de la bibliothèque	Mme DE LEMOS Annelise
Directrice administrative des services	Mme CALLEA Isabelle
Doyens Honoraires	M. AYRAUD Noël M. RAMPAL Patrick M. BENCHIMOL Daniel

Professeurs Honoraires

M. BALAS Daniel	M. LALANNE Claude-Michel
M. BATT Michel	M. LAMBERT Jean-Claude
M. BLAIVE Bruno	M. LAZDUNSKI Michel
M. BOQUET Patrice	M. LEFEBVRE Jean-Claude
M. BOURGEON André	M. LE BAS Pierre
M. BOUTTÉ Patrick	M. LE FICHOUX Yves
M. BRUNETON Jean-Noël	Mme LEBRETON Elisabeth
Mme BUSSIERE Françoise	M. LOUBIERE Robert
M. CAMOUS Jean-Pierre	M. MARIANI Roger
M. CHATEL Marcel	M. MASSEYEFF René
M. COUSSEMENT Alain	M. MATTEI Mathieu
M. DARCOURT Guy	M. MOUIEL Jean
M. DELLAMONICA Pierre	Mme MYQUEL Martine
M. DELMONT Jean	M. OLLIER Amédée
M. DEMARD François	M. ORTONNE Jean-Paul
M. DOLISI Claude	M. SAUTRON Jean Baptiste
M. FRANCO Alain	M. SCHNEIDER Maurice
M. FREYCHET Pierre	M. SERRES Jean-Jacques
M. GÉRARD Jean-Pierre	M. TOUBOL Jacques
M. GILLET Jean-Yves	M. TRAN Dinh Khiem
M. GRELLIER Patrick	M. VAN OBBERGHEN Emmanuel
M. HARTER Michel	M. ZIEGLER Gérard
M. INGLESAKIS Jean-André	

M.C.A. Honoraire

Mlle ALLINE Madeleine

M.C.U. Honoraires

M. ARNOLD Jacques
M. BASTERIS Bernard
Mlle CHICHMANIAN Rose-Marie
Mme DONZEAU Michèle
M. EMILIOZZI Roméo
M. FRANKEN Philippe
M. GASTAUD Marcel
M. GIRARD-PIPAU Fernand
M. GIUDICELLI Jean
M. MAGNÉ Jacques
Mme MEMRAN Nadine
M. MENGUAL Raymond
M. POIRÉE Jean-Claude
Mme ROURE Marie-Claire

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

M.	AMIEL Jean	Urologie (52.04)
M.	BENCHIMOL Daniel	Chirurgie Générale (53.02)
M.	BOILEAU Pascal	Chirurgie Orthopédique et Traumatologique (50.02)
M.	DARCOURT Jacques	Biophysique et Médecine Nucléaire (43.01)
M.	DESNUELLE Claude	Biologie Cellulaire (44.03)
Mme	EULLER-ZIEGLER Liana	Rhumatologie (50.01)
M.	FENICHEL Patrick	Biologie du Développement et de la Reproduction (54.05)
M.	FUZIBET Jean-Gabriel	Médecine Interne (53.01)
M.	GASTAUD Pierre	Ophtalmologie (55.02)
M.	GILSON Éric	Biologie Cellulaire (44.03)
M.	GRIMAUD Dominique	Anesthésiologie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
M.	HASSEN KHODJA Reda	Chirurgie Vasculaire (51.04)
M.	HÉBUTERNE Xavier	Nutrition (44.04)
M.	HOFMAN Paul	Anatomie et Cytologie Pathologiques (42.03)
M.	LACOUR Jean-Philippe	Dermato-Vénéréologie (50.03)
M.	MARTY Pierre	Parasitologie et Mycologie (45.02)
M.	MICHIELS Jean-François	Anatomie et Cytologie Pathologiques (42.03)
M.	MOUROUX Jérôme	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire (51.03)
M.	PAQUIS Philippe	Neurochirurgie (49.02)
M.	PRINGUEY Dominique	Psychiatrie d'Adultes (49.03)
M.	QUATREHOMME Gérald	Médecine Légale et Droit de la Santé (46.03)
M.	M.ROBERT Philippe	Psychiatrie d'Adultes (49.03)
M.	SANTINI Joseph	O.R.L. (55.01)
M.	THYSS Antoine	Cancérologie, Radiothérapie (47.02)

PROFESSEURS PREMIERE CLASSE

Mme	ASKENAZY-GITTARD Florence	Pédopsychiatrie (49.04)
M.	BAQUÉ Patrick	Anatomie - Chirurgie Générale (42.01)
M.	BÉRARD Étienne	Pédiatrie (54.01)
M.	BERNARDIN Gilles	Réanimation Médicale (48.02)
M.	BONGAIN André	Gynécologie-Obstétrique (54.03)
M.	CASTILLO Laurent	O.R.L. (55.01)
Mme	CRENESSE Dominique	Physiologie (44.02)
M.	DE PERETTI Fernand	Anatomie-Chirurgie Orthopédique (42.01)
M.	DRICI Milou-Daniel	Pharmacologie Clinique (48.03)
M.	ESNAULT Vincent	Néphrologie (52.03)
M.	FERRARI Émile	Cardiologie (51.02)
M.	FERRERO Jean-Marc	Cancérologie ; Radiothérapie (47.02)
M.	GIBELIN Pierre	Cardiologie (51.02)
M.	GUGENHEIM Jean	Chirurgie Digestive (52.02)
Mme	ICHAÏ Carole	Anesthésiologie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
M.	LONJON Michel	Neurochirurgie (49.02)
M.	MARQUETTE Charles-Hugo	Pneumologie (51.01)
M.	MOUNIER Nicolas	Cancérologie, Radiothérapie (47.02)
M.	PADOVANI Bernard	Radiologie et Imagerie Médicale (43.02)
Mme	PAQUIS Véronique	Génétique (47.04)
M.	PRADIER Christian	Épidémiologie, Économie de la Santé et Prévention (46.01)
M.	RAUCOULES-AIMÉ Marc	Anesthésie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
Mme	RAYNAUD Dominique	Hématologie (47.01)
M.	ROSENTHAL Éric	Médecine Interne (53.01)
M.	SCHNEIDER Stéphane	Nutrition (44.04)
M.	STACCINI Pascal	Biostatistiques et Informatique Médicale (46.04)
M.	THOMAS Pierre	Neurologie (49.01)
M.	TRAN Albert	Hépatogastro-entérologie (52.01)

PROFESSEURS DEUXIEME CLASSE

M.	ALBERTINI Marc	Pédiatrie (54.01)
Mme	BAILLIF Stéphanie	Ophtalmologie (55.02)
M.	BAHADORAN Philippe	Cytologie et Histologie (42.02)
M.	BARRANGER Emmanuel	Gynécologie Obstétrique (54.03)
M.	BENIZRI Emmanuel	Chirurgie Générale (53.02)
M.	BENOIT Michel	Psychiatrie (49.03)
Mme	BLANC-PEDEUTOUR Florence	Cancérologie – Génétique (47.02)
M.	BREAUD Jean	Chirurgie Infantile (54.02)
Mlle	BREUIL Véronique	Rhumatologie (50.01)
M.	CANIVET Bertrand	Médecine Interne (53.01)
M.	CARLES Michel	Anesthésiologie Réanimation (48.01)
M.	CASSUTO Jill-Patrice	Hématologie et Transfusion (47.01)
M.	CHEVALLIER Patrick	Radiologie et Imagerie Médicale (43.02)
Mme	CHINETTI Giulia	Biochimie-Biologie Moléculaire (44.01)
M.	DELOTTE Jérôme	Gynécologie-obstétrique (54.03)
M.	DUMONTIER Christian	Chirurgie plastique
M.	FONTAINE Denys	Neurochirurgie (49.02)
M.	FOURNIER Jean-Paul	Thérapeutique (48.04)
M.	FREDENRICH Alexandre	Endocrinologie, Diabète et Maladies métaboliques (54.04)
Mlle	GIORDANENGO Valérie	Bactériologie-Virologie (45.01)
M.	GUÉRIN Olivier	Gériatrie (48.04)
M.	HANNOUN-LEVI Jean-Michel	Cancérologie ; Radiothérapie (47.02)

PROFESSEURS DEUXIEME CLASSE (suite)

M.	IANNELLI Antonio	Chirurgie Digestive (52.02)
M	JEAN BAPTISTE Elixène	Chirurgie vasculaire (51.04)
M.	JOURDAN Jacques	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire (51.03)
M.	LEVRAUT Jacques	Anesthésiologie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
M.	PASSERON Thierry	Dermato-Vénéréologie (50.03)
M.	PICHE Thierry	Gastro-entérologie (52.01)
M.	ROGER Pierre-Marie	Maladies Infectieuses ; Maladies Tropicales (45.03)
M.	ROHRLICH Pierre	Pédiatrie (54.01)
M.	RUIMY Raymond	Bactériologie-virologie (45.01)
Mme	SACCONI Sabrina	Neurologie (49.01)
M.	SADOUL Jean-Louis	Endocrinologie, Diabète et Maladies Métaboliques (54.04)
M.	TROJANI Christophe	Chirurgie Orthopédique et Traumatologique (50.02)
M.	VENISSAC Nicolas	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire (51.03)

PROFESSEUR DES UNIVERSITÉS

M.	HOFLIGER Philippe	Médecine Générale
----	-------------------	-------------------

PROFESSEURS AGRÉGÉS

Mme	LANDI Rebecca	Anglais
Mme	ROSE Patricia	Anglais

MAITRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

Mme	ALUNNI Véronique	Médecine Légale et Droit de la Santé (46.03)
M.	AMBROSETTI Damien	Cytologie et Histologie (42.02)
Mme	BANNWARTH Sylvie	Génétique (47.04)
M.	BENOLIEL José	Biophysique et Médecine Nucléaire (43.01)
Mme	BERNARD-POMIER Ghislaine	Immunologie (47.03)
Mme	BUREL-VANDENBOS Fanny	Anatomie et Cytologie pathologiques (42.03)
M.	DOGLIO Alain	Bactériologie-Virologie (45.01)
M	DOYEN Jérôme	Radiothérapie (47.02)
M	FAVRE Guillaume	Néphrologie (52.03)
M.	FOSSE Thierry	Bactériologie-Virologie-Hygiène (45.01)
M.	GARRAFFO Rodolphe	Pharmacologie Fondamentale (48.03)
Mme	GIOVANNINI-CHAMI Lisa	Pédiatrie (54.01)
Mme	HINAULT Charlotte	Biochimie et biologie moléculaire (44.01)
Mme	LEGROS Laurence	Hématologie et Transfusion (47.01)
Mme	MAGNIÉ Marie-Noëlle	Physiologie (44.02)
Mme	MOCERI Pamela	Cardiologie (51.02)
Mme	MUSSO-LASSALLE Sandra	Anatomie et Cytologie pathologiques (42.03)
M.	NAÏMI Mourad	Biochimie et Biologie moléculaire (44.01)
M.	PHILIP Patrick	Cytologie et Histologie (42.02)
Mme	POMARES Christelle	Parasitologie et mycologie (45.02)
M.	ROUX Christian	Rhumatologie (50.01)
M.	TESTA Jean	Épidémiologie Économie de la Santé et Prévention (46.01)
M.	TOULON Pierre	Hématologie et Transfusion (47.01)

PROFESSEURS ASSOCIÉS

M	COYNE John	Anatomie et Cytologie (42.03)
M.	GARDON Gilles	Médecine Générale
Mme	PACZESNY Sophie	Hématologie (47.01)
Mme	POURRAT Isabelle	Médecine Générale

MAITRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS

M	BALDIN Jean-Luc	Médecine Générale
M.	DARMON David	Médecine Générale
Mme	MONNIER Brigitte	Médecine Générale
M.	PAPA Michel	Médecine Générale

PROFESSEURS CONVENTIONNÉS DE L'UNIVERSITÉ

M.	BERTRAND François	Médecine Interne
M.	BROCKER Patrice	Médecine Interne Option Gériatrie
M.	CHEVALLIER Daniel	Urologie
Mme	FOURNIER-MEHOUAS Manuella	Médecine Physique et Réadaptation
M.	JAMBOU Patrick	Coordination prélèvements d'organes
M.	QUARANTA Jean-François	Santé Publique

REMERCIEMENTS

AUX MEMBRES DU JURY

Pr FERRARI Emile

Vous m'avez fait l'honneur de présider le jury de ma thèse.
Vos connaissances, votre disponibilité et votre enseignement au quotidien auront marqué mon internat. Veuillez trouver dans ce travail, l'expression de mon plus profond respect.

Pr CAMOUS Jean-Pierre

Je vous remercie d'avoir accepté de juger mon travail.
J'ai beaucoup apprécié mon passage dans votre unité où vous m'avez transmis votre passion pour la rythmologie. Je vous suis très reconnaissant de ce que vous m'avez apporté.

Pr JEAN-BAPTISTE Elixène

Vous me faites l'honneur de juger ce travail et je vous en remercie.
Je suis flatté que vous ayez accepté de l'enrichir de votre savoir et de votre expérience.
La cardiologie-vasculaire et la chirurgie vasculaire sont deux spécialités indissociables.

Dr TIBI Thierry

Je vous remercie d'avoir accepté de juger mon travail de thèse.
Vos qualités humaines, médicales et pédagogiques sont un modèle pour moi. Travailler à vos côtés durant les deux prochaines années sera un privilège. J'espère participer à la dynamique que vous impulsez à votre service.

Dr SCARLATTI Didier

Tu as dirigé ce travail, tu m'as accordé ta confiance, avec une patience et une bienveillance infinies. Tes qualités médicales et humaines sont irréprochables. Tu es un exemple à suivre.
Merci pour tout.

A MA FAMILLE

A mes parents, je vous remercie d'avoir fait de moi ce que je suis aujourd'hui. Sans vous, je ne serai pas là. Je ne trouverai jamais assez de mots pour vous remercier de tout le soutien et les valeurs que vous m'apportez. Je vous dédie cette thèse. Je vous aime.

A mon frère Marwin, merci pour ton soutien pendant ces 10 dernières années, c'est à moi de te soutenir maintenant, tu es un garçon plein de valeurs et tu seras un grand Homme. Je suis fier de toi et je serai toujours là pour toi. Je t'aime.

A ma grand- mère, merci pour ton éducation, ton amour et ton soutien. Je te dédie cette thèse.

Papy, tu restes présent dans ma mémoire et dans mon cœur.

A ma grand-mère paternelle, mon grand-père maternel partis trop tôt.

A ma marraine Rose, qui m'a toujours écouté et soutenu.

A Simone et Michel, pour avoir toujours été présents pour moi, vous m'avez considéré comme votre enfant. Merci.

A Annie et Loulou pour votre présence, votre soutien et vos précieux conseils.
A mon cousin Thomas, quelle joie de te retrouver à chaque fois, j'espère qu'on se verra plus souvent.

A ma belle famille Varoise, Claudine et Max pour vos conseils, votre soutien (et vos taquineries ;-)) et m'avoir adopté dans votre famille.

A ma belle famille Mancelle, Gisou et Jacques pour votre soutien et votre présence malgré la distance. Merci de m'avoir accepté à vos côtés.

AU CHU DE NICE

Au Pr Gibelin Pierre, je tiens à vous exprimer toute ma reconnaissance pour votre enseignement, votre accompagnement tout au long de mon internat, ainsi que votre disponibilité au quotidien.

Au Dr Bertora David, merci pour tout ce que tu m'as appris lors de mon passage au I4A, tu as toujours été présent, avec ton calme et ta sympathie.

Au Dr Thiry Michel, merci pour ta bonne humeur et tes conseils toujours avisés, et tous ces petits débriefings pendant les visites à l'usic ! « Saches que tu ne me déranges jamais »

Au Dr Saady Redouane, merci pour ton apprentissage lors de mon passage au I4C, ton aide à la prise de décision et ton accompagnement tout au long de mon cursus.

Au Dr Théodore Guillaume, merci pour ta gentillesse et toutes tes explications rythmologiques.

Au Dr Blanc Philippe, merci de vos conseils.

Au Dr Cerboni Pierre, merci d'avoir partagé avec moi ton expérience clinique et tes connaissances cardiologiques. Un plaisir d'avoir travaillé avec toi pendant mon stage aux soins intensifs.

Au Dr Mocerì Pamela, merci pour ton implication dans l'enseignement des internes et ta capacité à simplifier des domaines compliqués de la cardiologie.

Au Dr Squara Fabien, j'ai eu la chance d'être ton externe ainsi que ton interne, merci pour tout ce que tu m'as appris, ta disponibilité et ta bonne humeur.

Au Dr Baudouy Delphine, merci pour ton enseignement au lit du malade, en échographie, au raisonnement médical et pour ta gentillesse. Tu as toujours été présente et disponible pour m'aider.

Au Dr Redjimi Nassim, un énorme merci pour tout ce que tu m'as apporté pendant ce stage aux soins intensifs, ta polyvalence, ton calme, tes connaissances, ta disponibilité et ta bonne humeur sont pour moi un exemple. Un plaisir également d'avoir été ton coéquipier team Usic au baby !!

Au Dr Chiche Olivier, tes connaissances, ton calme, ta rigueur et tes qualités humaines forcent l'admiration. Merci pour ton apprentissage et ton soutien de chaque instant. Tu es un exemple à suivre. Dommage que je n'ai pu profiter de ton savoir sur ma dernière année d'internat. Je te souhaite plein de bonheur avec Bianca.

Au Dr Doyen Denis, j'ai eu la chance d'être ton externe, merci pour ton enseignement, ta capacité à simplifier les dossiers et ta bonne humeur. Un plaisir de travailler avec toi.

Aux infirmiers, aides soignantes et ASH de Pasteur : je ne me risque pas à citer tous les prénoms de peur d'en oublier. J'ai passé de très bons moments avec tous et j'en garderai un excellent souvenir. Merci pour votre bonne humeur et votre professionnalisme.

Aux secrétaires de Pasteur pour votre calme et votre gentillesse.

AU CH D ANTIBES

Au Dr Bernasconi François pour m'avoir accueilli et accompagné lors de mon premier semestre de cardiologie.

Au Dr Castellani Mathieu, je te dois toutes mes bases de la cardiologie, tu m'as énormément appris, tant sur le plan du raisonnement médical, de la cardiologie, de l'échographie et du management des urgences cardiologiques. Une chance de t'avoir eu comme professeur. Plein de bonheur pour cette année ;)

Au Dr Lanfranchi Philippe, pour ton apprentissage rythmologique et ta bonne humeur.

Aux Dr Bellemain Anne, Dr Khri Lila, Dr Proton Alain, Dr Jacq Laurent, Dr Rekik Sofiene, merci pour tous ces bons moments.

A l'équipe paramédicale pour avoir accompagné un interne de cardio débutant ;)

AU CH DE CANNES

Au Dr Liprandi Laurent, merci pour ton apprentissage de la cardiologie et de la rythmologie, pour m'avoir ouvert les portes du bloc et pour ces visites mémorables. Ce sera un plaisir de continuer à apprendre à tes côtés.

Au Dr Berkane Nathalie, merci pour ton savoir, ton initiation à l'IRM cardiaque et ta gentillesse.

Au Dr Bali Laurent, un plaisir de travailler avec toi, merci pour ton savoir cardiologique, coronarographique et linguistique ;) Alors gros, oueskon va keskon fait !!

Au Dr Lammens Edouard, pour ta bonne humeur et tes blagues mémorables ! Un plaisir de travailler avec toi.

Au Dr Talbodec Anne, pour ton savoir, ta gentillesse et ta disponibilité.

Au Dr Zemour Gilles, pour ton savoir, ton humour et m'avoir montré l'exemple, sur notamment, la façon de répondre au téléphone de garde ;)

Au Dr Lozba Andrei, pour les bons moments passés en salle d'échographie.

Au Dr Durero Sabine, un énorme merci pour tout le temps que vous m'avez accordé afin de me former en échographie vasculaire et pour avoir participé à l'inclusion des patients de ma thèse. Je vous en suis très reconnaissant.

A toute l'équipe paramédicale (IDE, Aides soignantes, ASH et secrétaires) : quelle ambiance ! quelle équipe !

Je suis honoré de travailler dans votre service dès le mois de Novembre.

AU CHU DE NICE NEPHROLOGIE

Un grand merci à tout le service du Pr Esnault Vincent qui a su m'accueillir et me former en tant que jeune interne. Merci au Dr Favre Guillaume, Dr Morrane Olivier, Dr Vido Sandor, Dr Islam Shariful et toute l'équipe paramédicale.

A MES CO-INTERNES

A Nath, j'ai eu la chance d'avoir été ton externe, puis ton co-interne et enfin ton interne à ton début d'assistantat. Je ne sais comment te remercier de tout ce que tu m'as appris tant sur le plan médical qu'humain. Je suis sûr que tu seras un excellent coronarographe. Tu es un vrai ami. Je te souhaite plein de bonheur avec Laure.

A Priscille, merci pour ton savoir cardiologique, ton calme et ta générosité. Un énorme merci pour m'avoir aidé à inclure les patients pour la thèse et ton enseignement de vasculaire en salle d'échographie. On ne peut que progresser à tes côtés.

A Julien, merci de tout ce que tu m'as transmis, tu m'as épaulé durant mon internat, et tu es toujours de très bons conseils tant sur le plan professionnel que personnel. Un plaisir d'être ton ami. Je te souhaite plein de bonheur avec ta grande famille.

A Dan, merci pour tout ce que tu m'as enseigné durant mon internat et surtout lors de notre semestre à Antibes, tu as forgé mes bases cardiologiques et je t'en suis très reconnaissant. Un plaisir d'avoir avancé à tes côtés et merci pour tous les fous rires mémorables ;) Plein de bonheur avec Elsa et Ethan.

A Fred, pour m'avoir fait aimer la cardiologie lors de mon passage en cardio en tant qu'externe, et Sonia pour être une co-interne en or.

A Camille, pour tous les moments partagés ensemble, que ce soit les bons moments comme les moments de galère, très agréable de bosser avec toi.

A Jérémy, merci pour tous ces bons moments passés ensemble, un plaisir d'avoir avancé avec toi et d'avoir profité de ton savoir de congénitaliste.

Au Mike, pour tous les moments partagés au CHU et en dehors, pour avoir tissé une belle amitié et une petite concurrence au classement des buteurs ;) Tu seras un très bon cardiologue et tu sais ce que je te souhaite avec Cécile ;)

A la Riccine, un vrai ami et compagnon d'arme, merci pour ces 6 mois passés ensemble au CHU, dommage que nous nous sommes croisés sur les autres semestres, un plaisir de te côtoyer. Tu seras un très bon docteur tant sur le plan des connaissances et que sur le plan humain. Plein de bonheur avec Clarisse.

A la Gautch, pour ta bonne humeur et ces semestres passés ensemble. Et pour avoir trouvé plus chat noir que moi ;) Un plaisir d'être ton ami. Aie confiance en toi, je suis sûr que tu seras un grand rythmologue.

A Maria, pour ces petits mois passés ensemble.

A Benjamin S, pour sa passion de la cardiologie, sa culture du savoir et pour être un bon coéquipier d'internat et de baby ;) Une belle marge de progression ! Continue comme ça !

A Benjamin E, pour ta légendaire bonne humeur et tes rires communicatifs, un plaisir de bosser avec toi.

A Laura, la plus niçoise des grenobloises, merci pour ce semestre ensemble.

A Thierry, Emmanuelle, Manuela, Marine, Jean-Luc, Joris, Marjorie, Marie, Barbara, Alexia, Anthony, Clément et Hélène pour avoir été des co-internes géniaux.

A toutes les personnes rencontrées lors de mes stages d'étudiant et d'interne, qui m'ont permis de découvrir les multiples facettes de la médecine.

A MES AMIS

A Cédric, et à tout ce qui nous lie, ami de toujours, merci d'avoir été présent dans les bons et moins bons moments, et Audrey pour être une amie sincère, je vous souhaite le meilleur pour le futur.

A Mika, pour être un ami et un capitaine fidèle, Sam et Joyce toujours présents.

A David, pour tous ces bons moments passés ensemble depuis la seconde, et Laura.

A Berengère, pour tout ce qu'on a traversé, plein de bonheur avec Gauthier, vous le méritez.

A Maxime, et à tous nos moments canadiens inoubliables et à nos galères de l'externat, et Sophie.

A Elise, Nico et Clément, petite famille que j'affectionne tant.

A Marc, toujours aussi proche malgré la distance, Malika, Antoine et Sophie.

A Marie, Maxime et Louise pour votre joie de vivre et votre présence.

A Florence pour avoir été une co-interne mémorable et une amie fidèle, Jeremy pour toutes nos discussions cardio-pneumo, et Clément qu'on a hâte de découvrir.

A Iskander pour nos bons souvenirs de l'externat et nos week-end varois.

A Caro, pour être une amie fidèle.

A Charline et Pierre pour ces bons moments bordelais.

A Jean-Baptiste, pour tous ces bons souvenirs de l'internat.

A Julian, en souvenir de notre externat et de l'ascension de la Bastille ;-)

A Eléonore, Nathalie, Matthieu, je suis heureux qu'on garde le contact malgré la distance.

A Ghislain et Laura, pour votre bonne humeur constante.

A toute l'équipe de Socom, pour ces matchs mémorables.

A Mathilde, pour tes conseils toujours avisés et nos virées.

A Marine, Marc et Séraphine, un plaisir de vous connaître, vous êtes une merveilleuse petite famille.

A Axelle
Ma moitié,
Toi qui m'as soutenu depuis le début et qui n'a cessé de croire en moi,
Merci pour tout le bonheur que tu m'apportes au quotidien,
Pour tout le temps...

**PLACE DU DOPPLER DES FLUX « 12 POINTS » DANS LE
DIAGNOSTIC DE L'ARTERIOPATHIE OBLITERANTE
DES MEMBRES INFERIEURS**

SOMMAIRE

TABLE DES MATIERES	16
TABLES DES ILLUSTRATIONS	18
TABLE DES ABREVIATIONS	20
INTRODUCTION	21
OBJECTIFS	41
MATERIELS ET METHODES	43
RESULTATS	51
DISCUSSION	63
CONCLUSION	85
RESUME	87
BIBLIOGRAPHIE	88
ANNEXES	96
SERMENT D'HIPPOCRATE	98

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	21
<u>1) L'artériopathie oblitérante des membres inférieurs</u>	22
1.1) Généralités et définitions	
1.2) Anatomie	
1.3) Classification	
<u>2) Apport de l'Echo-Doppler</u>	28
2.1) Technique de l'Echo-Doppler	
2.2) Indication de l'Echo-Doppler artériel dans l'AOMI	
2.3) Rentabilité diagnostique et faisabilité de l'Echo-Doppler dans l'AOMI	
<u>3) Diagnostic de l'AOMI en Doppler</u>	30
3.1) Analyse morphométrique (ou planimétrie)	
3.2) Analyse du spectre Doppler	
3.3) La place du Doppler des flux dans l'AOMI	
<u>4) Les alternatives à l'ED classique</u>	38
4.1) Dépistage de l'AOMI par la mesure de l'IPS	
4.2) Diagnostic de l'AOMI par la mesure de la TcPO2	
OBJECTIFS	41
MATERIELS ET METHODES	43
<u>1) Patients</u>	44
<u>2) Protocole de l'étude</u>	44
2.1) Echographie Doppler classique	
2.2) Le Doppler des flux	
2.3) Examen d'imagerie	
<u>3) Critère de jugement principal</u>	50
<u>4) Critères de jugement secondaires</u>	50
<u>5) Analyse statistique</u>	50
RESULTATS	51
<u>1) Motifs de l'échographie</u>	52
<u>2) Caractéristiques des patients</u>	52
<u>3) Critère de jugement principal</u>	56

<u>4)Critères de jugement secondaires</u>	58
4.1) L'effcience du Doppler des flux chez les patients symptomatiques et asymptomatiques	
4.2) Corrélation diagnostique du Doppler des flux avec l'imagerie	
4.3) Corrélation entre l'existence de sténose significative ou thrombose à l'ED classique lorsque le Doppler des flux est pathologique	
4.4) Temps de procédure du Doppler des flux et de l'ED	
DISCUSSION	63
<u>1)Données générales de la population</u>	64
<u>2)Critère de jugement principal</u>	64
2.1) Comparaison avec les autres études sur le Doppler des flux	
2.2) Comparaison avec l'IPS	
<u>3)Faux négatifs</u>	70
3.1) Sténose significative sans retentissement en aval	
3.2) Endofibrose artérielle	
3.3) Sténose de l'artère fémorale profonde	
<u>4)Faux positifs</u>	74
<u>5)Critères de jugement secondaires</u>	74
5.1) L'effcience du Doppler des flux chez les patients symptomatiques et asymptomatiques	
5.2) Corrélation diagnostique du Doppler des flux avec l'imagerie	
5.3) Corrélation entre l'existence de sténose significative ou thrombose à l'ED classique lorsque le Doppler des flux est pathologique	
5.4) Temps de procédure du Doppler des flux et de l'ED	
<u>6)Limites de l'étude</u>	79
<u>7)Perspectives</u>	80
7.1) Chez le patient asymptomatique	
7.2) Chez le patient symptomatique	
CONCLUSION	85
RESUME	87
BIBLIOGRAPHIE	88
ANNEXES	96
SERMENT d'HIPPOCRATE	98

TABLE DES ILLUSTRATIONS

TABLEAUX

<u>Tableau 1</u> : Classification actuelle (SVS/ISCS).....	27
<u>Tableau 2</u> : La méthode des flux au Doppler.....	33
<u>Tableau 3</u> : Estimation des vitesses en fonction du degré de sténose.....	35
<u>Tableau 4</u> : Caractéristiques démographiques de la population.....	53
<u>Tableau 5</u> : Tableau de contingence Doppler des flux et ED classique chez tous les patients....	56
<u>Tableau 6</u> : Pourcentage et localisation de la lésion la plus significative chez les patients ayant un Doppler des flux altéré.....	57
<u>Tableau 7</u> : Pourcentage et localisation des lésions chez les faux négatifs.....	58
<u>Tableau 8</u> : Tableau de contingence Doppler des flux et ED classique chez les patients symptomatiques.....	59
<u>Tableau 9</u> : Tableau de contingence Doppler des flux et ED classique chez les patients asymptomatiques.....	60
<u>Tableau 10</u> : Tableau de contingence Doppler des flux et imagerie.....	60
<u>Tableau 11</u> : Comparaison du temps de procédure du Doppler des flux par rapport à l'ED classique.....	62
<u>Tableau 12</u> : Sensibilité et spécificité du Doppler des flux des principales études comparées à notre étude.....	67
<u>Tableau 13</u> : Performance diagnostique de l'IPS.....	69

FIGURES

<u>Figure 1</u> : Cartographie du réseau artériel des membres inférieurs.....	26
<u>Figure 2</u> : Absence de sténose ou sténose < 30 %.....	33
<u>Figure 3</u> : Sténose de 30 à 70 %.....	33
<u>Figure 4</u> : Sténose de 70 à 90 %.....	33
<u>Figure 5</u> : Sténose supérieure à 90 %.....	33
<u>Figure 6</u> : Occlusion artérielle totale sans circulation collatérale efficace.....	33
<u>Figure 7</u> : Occlusion artérielle totale avec circulation collatérale médiocre.....	33
<u>Figure 8</u> : Occlusion artérielle totale avec circulation collatérale efficace.....	33
<u>Figure 9</u> : Analyse spectrale du signal Doppler.....	34
<u>Figure 10</u> : Protocole de l'étude.....	48
<u>Figure 11</u> : Diagramme de flux.....	49
<u>Figure 12</u> : Motifs de l'échographie.....	52
<u>Figure 13</u> : Répartition des patients symptomatiques selon la classification de Fontaine et Leriche.....	54
<u>Figure 14</u> : Répartition des résultats des examens chez tous les patients.....	56
<u>Figure 15</u> : Répartition des résultats des examens chez les patients symptomatiques.....	59
<u>Figure 16</u> : Taux de sténose significative ou thrombose retrouvé en cas d'altération du Doppler des flux.....	61
<u>Figure 17</u> : Temps de procédure du Doppler des flux et de l'ED classique (en minutes).....	62
<u>Figure 18</u> : Écho-Doppler de repos et post-effort d'une endofibrose iliaque.....	73
<u>Figure 19</u> : Localisation de l'AOMI en fonction des facteurs de risque cardio-vasculaire.....	77
<u>Figure 20</u> : Algorithme chez un patient asymptomatique.....	81
<u>Figure 21</u> : Algorithme chez un patient symptomatique au repos.....	82
<u>Figure 22</u> : Algorithme chez un patient symptomatique à la marche.....	84

TABLE DES ABREVIATIONS

ANAES : Agence Nationale d'Accréditation et d'Évaluation en Santé

AHA : American Heart Association

AOMI : Artériopathie oblitérante des membres inférieurs

CH : Centre Hospitalier

CHU : Centre Hospitalo-Universitaire

ED : Echo- Doppler

FDRCV : Facteur de risque cardiovasculaire

FN : Faux négatif

FP : Faux positif

HTA : Hypertension artérielle

IC : Intervalle de confiance

IPS : Index de pression systolique

IRC : Insuffisance rénale chronique

IRM : Imagerie par résonnance magnétique

mmHg : millimètre de Mercure

PSV : Pic systolique de vélocité

Ratio PSV : Ratio de vélocité systolique

SVS/ISCS : Society of Vascular Surgery/International Society for Cardiovascular Surgery

TASC: Trans Atlantic Society Consensus

TcPO2: Pression transcutanée en oxygène

INTRODUCTION

1) L'artériopathie oblitérante des membres inférieurs

1.1) Généralités et définitions

L'artériopathie oblitérante des membres inférieurs (AOMI) résulte d'un processus de vieillissement de la paroi artérielle associant des lésions d'athérosclérose sur les parois des artères proximales, jusqu'à mi-jambe environ et des lésions d'artériosclérose, sans lipide, sur les segments distaux des artères de jambe.

La lumière artérielle se réduit progressivement et crée un obstacle à la vascularisation distale des membres inférieurs.

Des phénomènes thrombotiques aigus peuvent se surajouter et sont souvent responsables de l'aggravation fonctionnelle.

La définition de l'AOMI varie.

Dans les études épidémiologiques, elle est clinique *et/ou* hémodynamique, incluant la mesure de l'index de pression systolique (IPS) qui est le rapport entre la pression systolique mesurée à la cheville et la pression systolique brachiale.

Les différentes recommandations sur l'AOMI, à savoir la TASC II en 2007 (1), l'European society of Cardiology de 2011 (2), l'Américain Heart association de 2011 (3) et la Society of Vascular Surgery de 2015 (4) ont repris une définition consensuelle de l'AOMI centrée sur la mesure de l'IPS.

Le seuil normal de l'IPS selon la Haute Autorité en Santé est compris entre 0,9 et 1,3 (5).

Une valeur d'IPS inférieure à 0,9 porte le diagnostic d'AOMI.

Si l'IPS est normal au repos, mais que l'IPS post-exercice est inférieur ou égal à 0,9 ou présente une diminution d'au moins 20%, le patient est porteur d'une AOMI (4).

En présence d'un IPS $> 1,4$ (signant une médiacalcosse, calcifications de la média des artères), la mesure de la pression systolique au gros orteil par pléthysmographie (ALFEDIAM 1997) (6) et l'analyse Doppler (2) sont les méthodes alternatives lorsque les artères sont incompressibles.

Un IPS d'orteil $< 0,70$ signe la coexistence d'une AOMI (2).

Il existe deux grands sous-types de la maladie artérielle périphérique : la maladie proximale, impliquant les localisations aorto-iliaques et fémoro-poplités et la maladie distale, touchant les localisations infra-poplitées (7).

Sur la base de la prévalence dans les études de cohorte d'un IPS anormal (8), on estime que plus de 200 millions de personnes dans le monde (9) et qu'au moins 8,5 millions de personnes aux Etats-Unis (10) ont une maladie artérielle périphérique.

Les coûts annuels totaux associés à l'hospitalisation de ces patients aux États-Unis sont estimés à plus de 21 milliards de dollars (11), un nombre qui devrait augmenter à mesure que la population vieillit.

La prévalence ajustée à l'âge était d'environ 12 % (12).

Sa prévalence est similaire chez les hommes et les femmes ménopausées, mais les hommes sont plus susceptibles que les femmes d'avoir des symptômes de claudication.

Les sujets noirs ont un IPS inférieur par rapport aux sujets blancs (13). Cette différence peut être due à des facteurs physiologiques, car il est également présent chez les personnes plus jeunes sans facteur de risque cardio-vasculaire (14).

On distingue plusieurs stades fonctionnels d'AOMI : **asymptomatique**, **d'effort** (claudication intermittente) ou de **repos** (douleurs de décubitus/troubles trophiques).

Ceux ci sont en rapport avec des lésions artérielles sténosantes ou thrombotiques.

Une sténose est définie par rapport au calibre normal intima-intima régulier de l'artère en amont et par les perturbations de vitesse (de débit et de pression) qu'elle induit.

Elle entraîne un retentissement *hémodynamique* quand elle diminue la pression de perfusion et le débit en aval. Selon CHIROSEL 1988 (15) : il existe un seuil de sténose hémodynamiquement significatif dont la valeur se situe au voisinage de 60 % du diamètre artériel artériographique et 80 % de la surface de sa section.

La sténose peut être organique, résultant du développement de l'athérosclérose (la plus fréquente) ou fonctionnelle, c'est à dire qu'il existe une altération de la pression de perfusion sans obstacle.

Une des principales causes de sténose fonctionnelle est la présence d'une artère poplitée piégée consécutif à la compression de l'artère poplitée par une anomalie de son trajet ou par une insertion musculaire anormale au niveau des condyles fémoraux.

La thrombose est une oblitération complète de la lumière artérielle. Elle est le plus souvent la conséquence d'un mécanisme de rupture de plaque survenant au site d'une sténose préexistante.

La gêne fonctionnelle et la viabilité du membre d'un patient souffrant d'une AOMI dépendent du retentissement hémodynamique d'obstacles artériels souvent multiples.

Le retentissement hémodynamique, estimé par la pression de perfusion et le débit d'aval, dépend :

- De la topographie de la (des) lésion(s) (aspect anatomique) ;
- Des caractéristiques morphologiques de chacune des lésions (ex : longueur et régularité de la sténose) ;
- De l'état hémodynamique (repos ou effort, fonction cardiaque, anémie) : retentissement sur la pression de perfusion en aval de l'obstacle ;
- De la qualité de la suppléance.

Ces facteurs expliquent que les manifestations cliniques puissent différer d'un individu à un autre pour des lésions anatomiques équivalentes.

Les facteurs de risque de l'AOMI sont semblables à ceux d'autres maladies vasculaires athérosclérotiques. En effet, l'AOMI est associée à plusieurs maladies concomitantes : coronarienne et cérébro-vasculaire, ou les deux, et ces dernières sont présentes chez plus de la moitié des patients artéritiques (16).

L'incidence à 1 an de décès cardio-vasculaire, infarctus du myocarde et accident vasculaire cérébral ischémique est plus élevée chez les personnes atteintes d'AOMI que chez les personnes ayant une maladie coronarienne (5,35 % contre 4,52%) (17).

L'incidence des complications au niveau des membres inférieurs, y compris l'aggravation des symptômes, la nécessité d'une revascularisation périphérique et l'amputation, est de 26 % sur une période de 4 ans (18).

La mortalité est également deux fois plus élevée si l'IPS est inférieur à 0,9 (19).

Malgré ces taux élevés de morbidité et de mortalité, les patients atteints d'AOMI sont souvent sous diagnostiqués et sous-traités (20).

1.2) Anatomie

Le réseau artériel atteint dans l'AOMI inclut l'aorte abdominale sous-rénale, puis pour chaque membre inférieur les artères suivantes : iliaque primitive, iliaque externe, iliaque interne (ou hypogastrique), fémorales commune, profonde et superficielle, poplitée, tibiale antérieure et tronc tibio-péronier. Le tronc tibio-péronier se divise en tibiale postérieure et péronière, la tibiale antérieure se termine en pédieuse.

Les sondes (représentées ci-dessous sur le schéma) correspondent aux différents sites où la sonde Doppler sera appliquée pour recueillir l'onde artérielle dans notre étude (Figure 1).

Les bifurcations artérielles iliaques (iliaque primitive, iliaque externe, hypogastrique) et fémorales (fémorale commune, fémorale profonde, fémorale superficielle) jouent un rôle crucial dans le développement de la circulation collatérale en cas d'obstacle sur les axes de conduction.

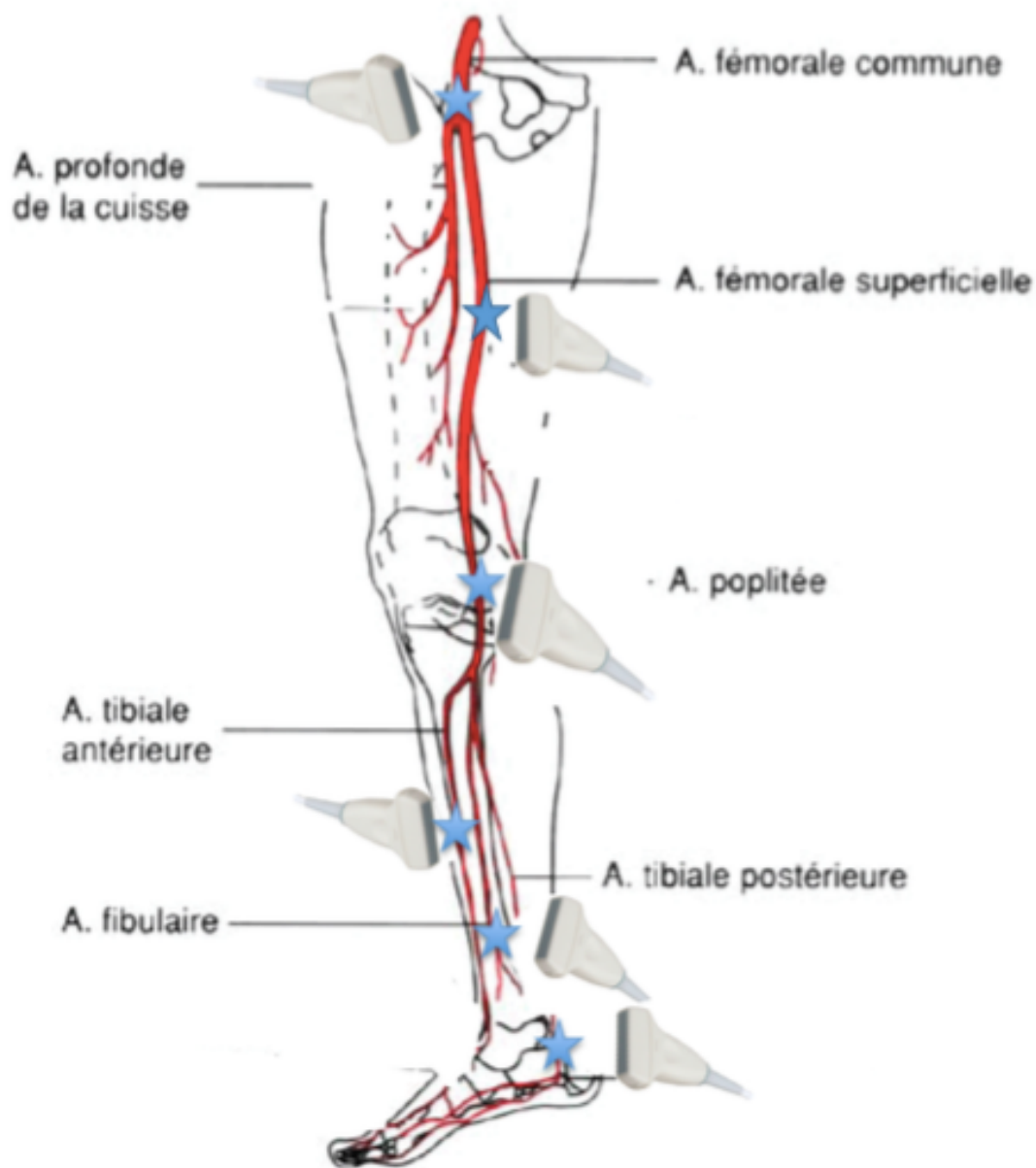


Figure 1 : Cartographie du réseau artériel des membres inférieurs

1.3) Classification

- ✓ La classification de Leriche et Fontaine est la classification la plus simple fondée sur la clinique.

L'atteinte peut rester asymptomatique, soit parce qu'elle est modérée, soit parce que l'activité physique du sujet est insuffisante pour révéler les symptômes, les pouls sont absents (stade I). À un stade ultérieur, la claudication intermittente (stade II) traduit un apport sanguin musculaire insuffisant lors des efforts de marche (ischémie à l'effort).

Cette dernière est dichotomisée en IIa si la douleur survient après 200 m ou IIb si la douleur survient avant 200 m.

L'ischémie de repos se manifeste par des douleurs de décubitus (stade III) liées à une pression de perfusion trop basse lorsque le malade étend sa jambe à l'horizontale ou des troubles trophiques ne cicatrisant pas (stade IV).

On préfère actuellement regrouper ces stades en AOMI *asymptomatiques* (stade I de Leriche), *ischémie d'effort* (stade II) et *ischémie permanente* (stades III et IV).

L'ischémie critique chronique des membres correspond à une ischémie permanente (stade III ou IV) installée depuis au moins deux semaines, avec une pression systolique artérielle à la cheville inférieure ou égale à 50 mmHg, ou une pression artérielle au gros orteil inférieure ou égale à 30 mmHg (2).

- ✓ La classification la plus récente et actuellement la plus utilisée dans la littérature anglo-saxonne est celle proposée par la Society for Vascular Surgery/International Society for Cardiovascular Surgery (SVS/ISCS). Cette dernière a initialement été publiée en 1986 puis révisée en 1997 (21,22) (Tableau 1). Elle figure également dans les recommandations européennes de 2011 (2).

Fontaine		Rutherford		
Stade	Clinique	Gravité	Catégorie	Clinique
I	Asymptomatique	0	0	Asymptomatique
II	IIa marche sans douleur >200 m IIb marche sans douleur <200 m	I	1	Légère claudication
			2	Claudication modérée
			3	Grave claudication
III	Ischémie critique avec douleur au repos, extrémité froide, amélioration avec jambes en bas	II	4	Douleur au repos
IV	Troubles trophiques avec ulcérations, nécroses	III	5	Lésions trophiques distales
		IV	6	Ulcère étendu ou gangrène

Tableau 1 : Classification actuelle (SVS/ISCS)

2) Apport de l'Echo-Doppler

L'Echo-Doppler (ED) est aujourd'hui une méthode de choix dans le diagnostic, l'évaluation de l'AOMI, son traitement (médical ou revascularisation) et sa surveillance.

Cette méthode est non-invasive, peu coûteuse, fiable, reproductible mais dépendante de l'opérateur, de la machine et du patient.

Elle permet de réaliser une cartographie anatomique très précise des axes artériels des membres inférieurs en précisant la localisation précise des lésions, leurs étendues, l'état des parois, ainsi que les caractéristiques des sténoses, l'existence d'une circulation collatérale, l'état du réseau d'aval, la nature athéromateuse ou non de la lésion.

Elle nous renseigne également sur le retentissement fonctionnel de l'artériopathie et guide au mieux le choix de la thérapeutique et la surveillance des traitements.

2.1) Technique de l'Echo-Doppler

Un faisceau d'ultrasons qui rencontre un élément mobile est réfléchi avec une longueur d'onde différente (effet Doppler-Fizeau), ce qui permet de calculer la vitesse de déplacement de cet élément. L'application de cette propriété physique à l'analyse du déplacement du sang dans le lit vasculaire a conduit au développement de plusieurs instruments de mesure utilisant l'effet Doppler.

Le plus simple est le *Doppler continu* mais il ne permet pas de chiffrer précisément la vitesse de circulation du sang.

Le *Doppler pulsé* mesure la vitesse d'un échantillon de sang délimité par une fenêtre positionnée dans la lumière de l'artère : la valeur des vitesses enregistrées au niveau d'une sténose, en amont et en aval au cours du cycle cardiaque, est fonction du degré de cette sténose.

Le *Doppler couleur* code la colonne de sang circulant dans l'artère selon une échelle de couleur liée à la vitesse et à la direction du flux sanguin (codage en rouge lorsque le sang se rapproche de la sonde, en bleu lorsqu'il s'en éloigne, les turbulences étant codées différemment). Cette cartographie couleur repère la zone d'accélération ou de turbulences générées par la sténose et

aide à positionner la fenêtre du Doppler pulsé sur la zone d'accélération maximale. Elle fournit également un moule de la lumière de l'artère car seul le sang circulant est coloré : on obtient ainsi un luminogramme de l'artère.

2.2) Indication de l'Echo-Doppler artériel dans l'AOMI

Selon le rapport de l'Agence Nationale d'Accréditation et d'Évaluation en Santé (ANAES) 2002 (23), l'ED est indiqué :

✓ Chez le patient asymptomatique :

- Examen clinique anormal (absence d'un pouls, souffle vasculaire) ; IPS < 0,9
- Découverte d'un anévrisme de l'aorte
- Avant greffon rénal
- Dans le cadre de la surveillance du diabète de type 1 et 2, chez le diabétique asymptomatique âgé d'au moins 40 ans ou si le diabète a une ancienneté supérieure ou égale à 20 ans, puis tous les 5 ans.

✓ Chez le patient symptomatique :

- En cas de claudication, l'ED est systématique pour affirmer la nature artérielle de la claudication et faire un bilan lésionnel. Une surveillance annuelle est proposée en cas de traitement médical, plus rapprochée en cas d'aggravation.
- En cas d'ischémie critique, l'ED est systématique pour faire un bilan lésionnel, et orienter le traitement.

2.3) Rentabilité diagnostique et faisabilité de l'Echo-Doppler dans l'AOMI

L'ED a été comparé à l'angiographie en utilisant comme critère de jugement principal les sténoses de plus de 50 % ou thromboses. Dans ces études, les critères hémodynamiques, et non anatomiques, permettaient le diagnostic.

De manière générale, en comparaison à l'artériographie conventionnelle, les performances de l'ED sont excellentes. Il permet de discriminer les sténoses de plus de 50 % avec une sensibilité de 85 à 90 % et une spécificité supérieure à 95 % (2,24).

Dans sa méta-analyse de 71 études comparant les performances de l'ED à l'artériographie dans la détection d'une sténose artérielle supérieure ou égale à 50 % ou d'occlusion dans le segment

aorto-iliaque, Koelemay note 86 % (80-91 Intervalle de confiance (IC) à 95%) de sensibilité et 97 % (95-99 IC à 95%) de spécificité (24).

Ces données sont concordantes avec une seconde méta-analyse sur 28 études comparant l'ED à l'artériographie, pour la détection d'une sténose supérieure à 50 %, la sensibilité variait entre 80 et 98 % et la spécificité entre 89 et 99 % (25).

Pour le segment fémoro-poplitée, il note une sensibilité de 80 % (74-85 IC à 95%) et une spécificité de 96 % (94-98 IC à 95%).

Cependant, la précision de la détection de lésions de plus de 50 % ou d'occlusion des artères sous-poplitées était plus faible avec une sensibilité de 83 % (59-96 IC 95 %) et une spécificité de 84 % (69-93 IC 95%).

Dans un travail récent, Eiberg JP *et al.* (26) note également une faisabilité, indépendamment du stade clinique de l'artériopathie, de 100 % au-dessus du genou et de 93 % en dessous.

En termes de formation, il a été estimé qu'une quinzaine d'examens supervisés était nécessaire au niveau fémoro-poplitée, mais qu'il en fallait une centaine pour acquérir l'expérience nécessaire au niveau distal (26).

3) Diagnostic de l'AOMI en Doppler

La quantification d'une sténose ou d'une occlusion en ED combine l'analyse morphométrique de l'image et l'enregistrement de vitesses.

3.1) Analyse morphométrique (ou planimétrie)

Sur des coupes axiales ou longitudinales, en modes B, couleur ou puissance, sont réalisées la mesure du diamètre minimal de la lumière circulante au site de la sténose et la mesure du diamètre choisi comme la référence. Ce dernier devrait correspondre au diamètre du segment artériel adjacent ou proximal sain.

Néanmoins cette méthode d'évaluation a été étudiée sur les axes carotidiens et non sur les membres inférieurs dont les évaluations planimétriques de sténose ne sont pas validées.

Appliqué aux sténoses des membres inférieurs, ce mode de mesure pose plusieurs problèmes :

- ✓ La mesure du diamètre minimal de la lumière circulante au site de la sténose est difficile au niveau d'artères profondes ou de petit calibre, en présence de calcifications.
- ✓ Le diamètre de référence mesuré en artériographie est défini par la colonne de produit de contraste iodé. Or l'analyse en échographie de la paroi artérielle révèle des lésions pariétales non détectées par l'artériographie.
- ✓ D'une part, la notion d'aspect normal de la paroi n'est pas la même en artériographie et en échographie.
- ✓ L'échographie mesure plus facilement le diamètre externe de l'artère au site de la sténose ou au site dit sain.

3.2) Analyse du spectre Doppler

A l'état normal, le tracé Doppler sur les artères des membres inférieurs est triphasique (type « résistif ») :

- ✓ Un pic systolique ample et bref comportant une montée systolique et une décélération post-systolique rapides
- ✓ Une enveloppe spectrale nette délimitant une fenêtre sombre sous-systolique
- ✓ Une onde proto-diastolique négative reflétant les résistances périphériques
- ✓ Une onde positive de rebond inconstante et éventuellement suivie par quelques faibles oscillations qui reflètent une bonne compliance artérielle (sujet jeune)
- ✓ Et un flux télé-diastolique nul.

L'amplitude et la durée du pic systolique décroissent vers la distalité mais restent toujours symétriques pour un même niveau anatomique.

La réduction locale de l'aire de section de la lumière d'une artère donne naissance à des *signes directs* (au niveau de l'obstacle) que retranscrit bien l'analyse spectrale du signal Doppler, et des *signes indirects*, d'amont et d'aval, représentés par l'altération de la modulation du signal Doppler, et qui se manifeste notamment par l'augmentation (en amont) ou la diminution (en aval) de l'indice de résistance et de l'indice de pulsatilité (Tableau 2 et Figures 2 à 8).

C'est cette méthode d'évaluation des sténoses qui a été validée aux membres inférieurs.

Les premiers critères, proposés par Jäger en 1985 (27), sont fondés sur l'analyse du spectre Doppler au niveau de la sténose : aspect des contours du spectre Doppler, pic systolique de vélocité maximale comparé au pic de vélocité enregistré en amont, et degré d'élargissement spectral, c'est-à-dire brillance observée entre le contour du spectre et la ligne de base de l'enregistrement :

- ✓ À l'état normal, le tracé Doppler au niveau de la paroi artérielle est triphasique, le spectre de brillance étroit ;
- ✓ En cas de sténose < 30 % du calibre de l'artère : on note un élargissement de la bande de brillance, le tracé est normal en amont et en aval ;
- ✓ Pour une sténose comprise entre 30 et 50 %, la vitesse systolique augmente, le spectre se disperse, le tracé reste normal en amont et en aval ;
- ✓ Lorsque la sténose devient plus serrée (entre 70 et 99 %), l'onde de reflux qui témoigne de la souplesse artérielle disparaît, la vitesse systolique augmente de façon importante (> 100 %), le tracé devient anormal en amont et le plus souvent en aval ;
- ✓ Enfin, en cas d'occlusion, aucun signal ne sera perçu.

Le Doppler des flux peut être pris à défaut pour les sténoses estimées entre 50 et 70 %, avec la présence de signes directs seulement mais l'absence d'anomalie des flux distaux.

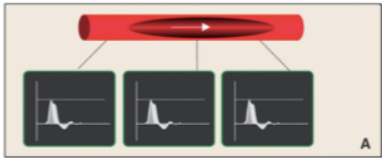
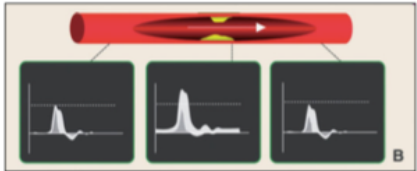
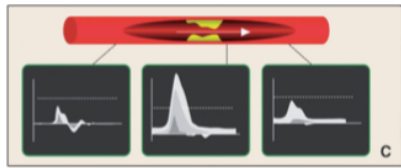
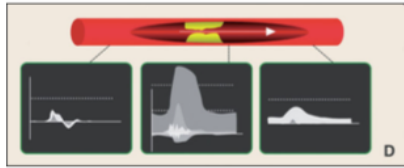
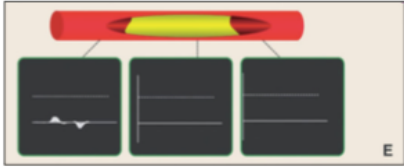
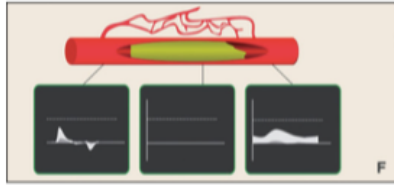
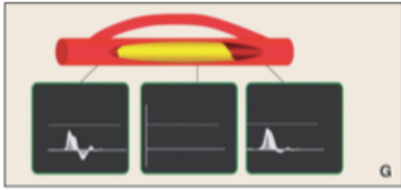
<p>Lorsque l'obstacle réduit le diamètre de la lumière artérielle de moins de 30 %, l'accélération circulatoire locale est minime, sans retentissement en amont ni en aval.</p> <p>L'échographie est capable de montrer la lésion et de la caractériser, mais le Doppler ne révèle ni signe direct, ni signe indirect. (28)</p>	 <p>Figure 2 : Absence de sténose ou sténose < 30 %</p>
<p>Lorsque l'obstacle réduit le diamètre de la lumière de 30 à 70 %, l'accélération circulatoire locale, inversement proportionnelle au diamètre résiduel, est détectée par l'examen Doppler, qui enregistre de hautes fréquences dans le jet de la sténose.</p> <p>En revanche, l'accélération circulatoire permet encore de compenser la réduction de la lumière artérielle, de sorte que la sténose n'entraîne pas de retentissement perceptible en amont ou en aval. L'examen Doppler ne ramène donc que les signes directs, mais pas de signe indirect. (28)</p>	 <p>Figure 3 : Sténose de 30 à 70 %</p>
<p>Lorsque le degré de sténose dépasse 70 % de réduction du diamètre, les signes directs s'accroissent (accélération circulatoire et dispersion spectrale) tandis qu'apparaissent les signes indirects :</p> <ul style="list-style-type: none"> - En amont, les indices de résistance et de pulsatilité sont augmentés - En aval : la modulation est un peu amortie et les indices sont abaissés (28) 	 <p>Figure 4 : Sténose de 70 à 90 %</p>
<p>En cas de sténose très serrée (> 90%), les signes directs et indirects sont plus marqués. L'accélération circulatoire dans le jet de la sténose s'accompagne de turbulence systolique.</p> <ul style="list-style-type: none"> - En amont, l'indice de résistance et l'indice de pulsatilité augmentent - En aval, ces indices diminuent et la modulation du tracé est significativement amortie (28) 	 <p>Figure 5 : Sténose supérieure à 90 %</p>
<p>En cas d'occlusion artérielle totale sans circulation collatérale efficace, il n'y a pas de signal Doppler au niveau et en aval de l'obstacle.</p> <p>En amont, l'indice de résistance et l'indice de pulsatilité sont augmentés de façon d'autant plus marquée que le site d'enregistrement est proche de l'obstacle. (28)</p>	 <p>Figure 6 : Occlusion artérielle totale sans circulation collatérale efficace</p>
<p>Si la circulation collatérale est présente mais médiocre, le signal Doppler en aval montre d'une part une modulation amortie (temps d'ascension systolique prolongé, pente ascendante douce, pic systolique émoussé...), d'autre part une diminution de l'indice de résistance et de l'indice de pulsatilité, avec une composante diastolique présente et ample en comparaison de la vitesse systolique.</p> <p>A l'extrême, le signal peut être totalement « démodulé », s'inscrivant comme une ligne à peine ondulée, pouvant ressembler à un flux veineux. (28)</p>	 <p>Figure 7 : Occlusion artérielle totale avec circulation collatérale médiocre</p>
<p>Si la circulation collatérale est bien développée, le signal Doppler en aval peut être modérément altéré, avec une simple réduction des indices de résistance et de pulsatilité, voire normal. (28)</p>	 <p>Figure 8 : Occlusion artérielle totale avec circulation collatérale efficace</p>

Tableau 2 : La méthode des flux au Doppler

Les signes d'aval permettent donc *d'évaluer le retentissement d'une lésion, mais pas d'en connaître la nature* (sténose ou occlusion).

Une des limites du Doppler des flux, comme vu plus haut, est que ce dernier peut être pris à défaut pour les sténoses estimées entre 50 et 70 %, avec seulement présence de signes directs et absence d'anomalie des flux distaux.

3.2.1) Analyse du spectre Doppler au niveau de la sténose

Trois vitesses peuvent être enregistrées au niveau de la sténose :

- Le pic systolique de vitesse maximal (PSV) au niveau de la sténose
- Le pic diastolique au niveau de la sténose (Figure 9) ;
- Le pic systolique de vitesse en amont de la sténose (ou en aval si la sténose était située juste après une bifurcation).

Les valeurs du PSV maximal au niveau de la sténose et du PSV en amont (ou à défaut en aval) de la sténose permettaient de calculer un ratio des vitesses systoliques (ratio PSV).

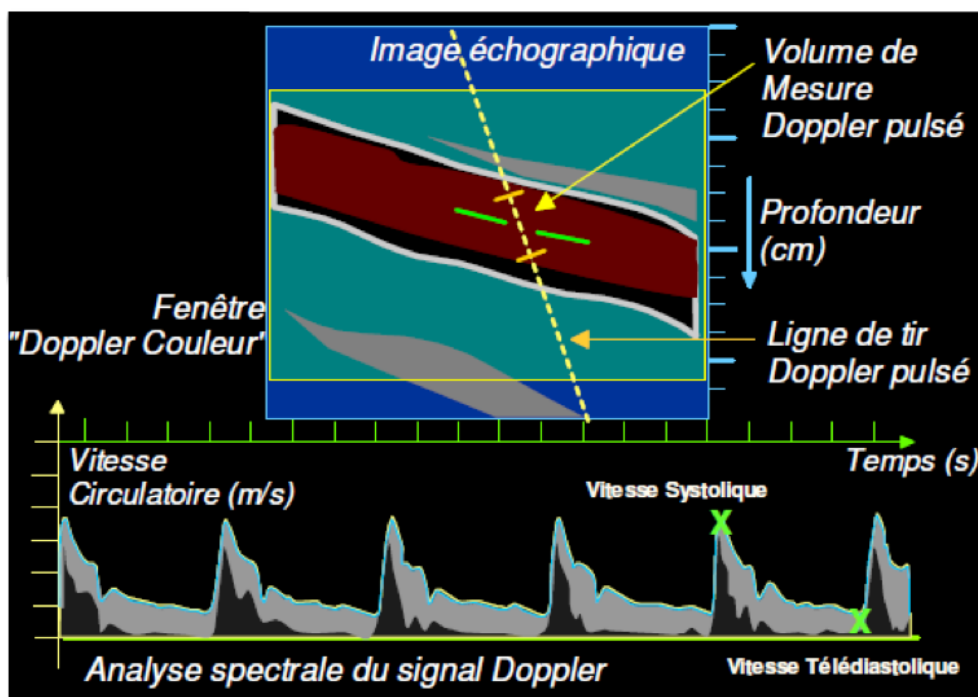


Figure 9 : Analyse spectrale du signal Doppler

Il a été établi des corrélations entre ces vitesses et pourcentages de sténose évalués en artériographie.

Les seuils de sténose retenus dans 4 principales études étaient différents : 20 %, 50 %, 75 % pour De Smet (29) ; 50 % pour Leng (30) ; 50 %, 70 % et 90 % pour Sacks (31) et 30 % pour Strauss (32).

Le Tableau 3, inspiré du travail de Sacks (31), résume l'estimation des vitesses en fonction du degré de sténose. Ces vitesses s'appliquent essentiellement aux axes fémoro-poplités.

Degré de sténose	Vitesse	Sensibilité	Spécificité
> 50 %	120 cm/s	70 %	81 %
> 70 %	160 cm/s	77 %	90 %
> 90 %	180 cm/s	85 %	90 %

Tableau 3 : Estimation des vitesses en fonction du degré de sténose

Pour Moneta (33), la valeur seuil d'une sténose de l'artère iliaque est de 2 m/s.

Cette mesure des vitesses a néanmoins des limites : le repérage de la vitesse maximale est d'autant plus difficile que la sténose est plus serrée, irrégulière et calcifiée ; la mesure de la vitesse est souvent imprécise et doit tenir compte des conditions hémodynamiques du patient.

Expérimentalement, sur un modèle fantôme, Whyman (34) note qu'un ratio PSV à 2,65 correspond à une sténose de 50 % en diamètre, un ratio PSV à 3,85 à une sténose de 60 % et de 5,99 à une sténose de 70 %. Un ratio PSV > 4 correspond en pratique à une sténose > 90 %.

Koelemay, dans sa méta-analyse portant sur 34 séries (24), note que ce ratio PSV varie en fonction de la localisation et d'éventuelles lésions étagées.

Une variabilité interobservateur est également notée par Hoskins, sur un modèle fantôme de flux (35). Il montre qu'en faisant varier l'angle, la profondeur, la vitesse, le volume d'échantillonnage, on obtient des variations intra-sonde de 25 % et intersonde de 18 %.

Allard (36) note également que la sensibilité du ratio PSV est de 80 % en l'absence de lésion étagée et elle diminue à 66 % s'il en existe.

Bergamini (37) note une réduction nette des vitesses dans les atteintes multiples : 168 cm/s pour la 1ère sténose, 38 cm/s pour la seconde.

L'adjonction d'autres critères permet d'augmenter la sensibilité du ratio PSV ; tel est le cas de l'association rapport de vitesses/vitesse diastolique.

En effet, l'existence d'une vitesse diastolique également augmentée permet de prédire la significativité de la lésion au plan hémodynamique et ce d'autant, qu'elle dépasse 40 cm/seconde (29).

3.2.2) Analyse du spectre enregistré en aval d'une sténose ou d'une occlusion

L'évaluation de la modulation des tracés en distalité d'une lésion permet d'atteindre deux objectifs différents :

- Quantifier une sténose lorsqu'aucune collatéralité n'est possible entre la lésion et la zone d'enregistrement du signal Doppler (comme cela est proposé au niveau fémoral commun pour une sténose iliaque externe) ;
- Apprécier la qualité de la collatéralité en enregistrant le signal Doppler en aval des voies de suppléance possibles (par exemple, sur les axes jambiers en cas de lésion proximale fémorale ou poplitée).

La plupart des travaux identifiés ont porté sur l'analyse du flux fémoral commun pour identifier la présence d'une sténose ou d'une occlusion iliaque du fait de la difficulté d'accès à la terminaison de l'aorte abdominale et aux axes iliaques (38-44). Deux études du même auteur (43,44) portaient sur le réseau artériel global.

Les critères diagnostiques retenus étaient la valeur du PSV (38,41), du temps de montée systolique (41,43,44), du temps d'accélération (39), de la largeur du pic systolique (43), du temps de décélération (38,39), de la décélération (38) de l'index de pulsativité (40,42,43), du flux diastolique (40,41).

Tacke (45) note une diminution de 50 % de la vitesse maximale en distalité d'une sténose significative.

Le temps d'accélération, normalement inférieur à 100 ms, augmente graduellement en fonction de la sévérité de la sténose :

- Il est de 110 ms pour une sténose < 50 % ;
- 150 ms pour une sténose comprise entre 50 et 79 % ;
- 180 ms pour une sténose entre 80 et 99 % ;
- Et 225 ms en cas d'occlusion (Schneider (46)).

Burnham (47) retrouve une valeur seuil de 144 ms avec une sensibilité de 81,5 % et une spécificité de 97,3 %.

3.3) La place du Doppler des flux dans l'AOMI

En 1998, Steven Gale et al (48) sont les premiers à évaluer le Doppler des flux avec 8 sites de mesure (« 8 flux »). Ils comparent la mesure de l'IPS et de la forme de l'onde vélocimétrique du Doppler des flux mesurée à 4 niveaux (femoral commun, poplité, tibial postérieur et pédieux) à l'artériographie chez 81 patients.

Une sténose significative était définie par un pourcentage de réduction de diamètre supérieur à 75%. Comparativement à l'artériographie, une altération du tracé Doppler était corrélée à une sténose significative proche de 80% à tous les étages (intervalle de 73% à 83%).

L'ajout de la mesure de l'IPS améliorait la précision de 5 à 12 %.

Dean et al (49) observent également que la mesure de l'IPS couplée à l'analyse vélocimétrique Doppler « 4 flux » de l'artère pédieuse et tibiale postérieure sont des méthodes efficaces de dépistage de l'AOMI distale chez les patients diabétiques.

En 2007, les recommandations TASC (1) affirment qu'une vitesse réduite ou absente sur l'artère tibiale postérieure permettait de détecter une AOMI. Malgré le caractère opérateur-dépendant, cette technique offrait un autre moyen de déceler l'AOMI chez les patients avec artères tibiales calcifiées.

En 2011, la Société Française de Médecine Vasculaire propose le Doppler des flux, mais à la cheville, dans le dépistage des patients asymptomatiques (50) :

En pratique clinique chez le patient asymptomatique, le diagnostic d'AOMI est basé sur un IPS inférieur à 0,90 ou un signal artériel Doppler anormal (monophasique, voire biphasique) à la cheville.

L'exclusion d'une AOMI est basée sur l'association d'un IPS supérieur à 0,90 et d'un signal Doppler normal, triphasique à la cheville (association considérée comme témoignant de l'absence de sténose hémodynamiquement significative sur les artères en amont).

Alors que l'IPS reste un examen sommaire de dépistage, le Doppler des flux à la cheville prendrait alors une place entre le dépistage et le diagnostic.

L'ED classique restant long à réaliser, il n'est adapté que pour le diagnostic.

4) Les alternatives à l'ED classique

4.1) Dépistage de l'AOMI par la mesure de l'IPS

L'index de pression systolique (IPS) est le rapport entre la pression systolique mesurée en un site du réseau artériel du membre inférieur et la pression systolique brachiale. L'index le plus utilisé est le rapport entre la pression systolique mesurée à la cheville et la pression systolique brachiale (IPS bras-cheville).

Le seuil normal de l'IPS selon la Haute Autorité en Santé est compris entre 0,9 et 1,3 (5).

Selon les différentes recommandations, un $IPS < 0,9$ est le témoin de l'existence d'une AOMI.

Limites de l'IPS

- ✓ Les limites de la performance diagnostique de l'IPS ont été soulignées par Carter (51). La valeur de la pression systolique à la cheville n'est pas mesurable si les artères sont calcifiées (médiacalcoses) car elles sont incompressibles.
- ✓ Un IPS peut être normal malgré une occlusion tibiale antérieure et tibiale postérieure si la péronière est normale.
- ✓ Pour Bollinger (52), l'IPS n'avait pas de valeur localisatrice de la lésion : il n'existait pas de différence significative entre les pressions à la cheville (Tibiale postérieure) chez 12 patients ayant une occlusion isolée iliaque ($74,9 \pm 16$ mmHg) et chez 12 patients ayant une occlusion isolée fémorale superficielle ($83,1 \pm 10,4$ mmHg).

- ✓ De plus, l'IPS peut ne pas diagnostiquer les patients ayant une authentique AOMI claudiquant à l'effort. En effet, l'IPS n'évalue qu'une éventuelle ischémie de repos.
- ✓ L'IPS peut être faussement abaissé en cas d'inflammation (vasodilatation artérielle).
- ✓ L'IPS est normal en cas de sténoses situées en dehors de l'axe aorte-cheville (sténoses hypogastrique ou fémorale profonde isolées), les lésions des artères du pied (insuffisance rénale chronique, embolies).

Lorsque la symptomatologie clinique est très évocatrice d'AOMI, et ce d'autant que le patient présente des facteurs de risque d'AOMI, un IPS « normal » (supérieur ou égal à 0,90) n'exclut donc pas le diagnostic (sténoses proximales courtes, isolées, avec bonne compliance d'aval minimisant la perte de charge).

Un IPS d'effort a alors été proposé ; il s'agit d'un effort de marche sur tapis selon un protocole standardisé (test de Strandness avec une pente de 10 % et une vitesse de 3 km/h). Une baisse de > 30 mmHg de la pression de cheville, et /ou une baisse de plus de 20 % de l'IPS permettent le diagnostic d'AOMI.

4.2) Diagnostic de l'AOMI par la mesure de la TcPO2

La mesure de la pression d'O₂ transcutanée (TcPO₂) permet par un système de chauffage au niveau d'une électrode posée sur la peau d'entraîner une vasodilatation en regard et de mesurer la quantité d'oxygène consommée.

Elle permet de quantifier le degré d'ischémie, et d'étudier la réserve microcirculatoire.

La TCPO₂ étagée permet également de déterminer un niveau d'amputation (50).

La TCPO₂ d'effort est un examen qui permet dans les cas de claudication atypique d'éliminer les diagnostics différentiels de claudication artérielle (50).

Sa valeur normale à l'avant-pied est de 65 +/- 10 mmHg (53).

Les valeurs pathologiques de la TcPO₂ sont :

- ✓ Entre 35 et 65 mmHg en décubitus chez le patient en ischémie d'effort (AOMI stade 2)
- ✓ Entre 10 et 35 mmHg en décubitus chez le patient AOMI en ischémie chronique permanente
- ✓ Inférieur ou égal à 10 mmHg en décubitus en ischémie chronique critique.

OBJECTIFS

L'objectif principal de notre travail est de déterminer l'efficacité d'un Doppler pulsé « 12 points » comparativement à l'écho-Doppler classique pour le diagnostic d'une AOMI.

Les objectifs secondaires sont de :

- ✓ Caractériser l'efficacité du Doppler des flux chez les patients symptomatiques et asymptomatiques
- ✓ Déterminer la faisabilité du Doppler des flux comparativement à l'imagerie pour le diagnostic d'une AOMI
- ✓ Corréler l'altération du Doppler des flux à l'existence d'une sténose significative ou thrombose à l'ED classique
- ✓ Comparer le temps de procédure du Doppler des flux à l' l'ED.

MATERIELS ET METHODES

1)Patients

Nous avons inclus tout patient adressé pour écho-Doppler artériel des membres inférieurs, qu'il soit connu artéritique ou non, symptomatique ou non.

Aucun critère de non inclusion n'a été retenu.

Les données démographiques ainsi que les principaux antécédents de chaque patient ont été relevés à l'inclusion à l'aide des logiciels Clinicom et DX Care.

Tous les patients ont été informés de leur inclusion dans le protocole et ont donné leur consentement par écrit.

2)Protocole de l'étude

L'étude est multicentrique, réalisée de mai 2014 à décembre 2015 dans le service de Cardiologie-vasculaire du Centre Hospitalo-Universitaire (CHU) de Nice Pasteur et dans le service de Cardiologie-vasculaire du Centre Hospitalier (CH) de Cannes Les Broussailles.

Un examen clinique avec notamment palpation des pouls périphériques a été réalisé sur chaque patient.

Les patients étaient considérés comme symptomatiques s'ils présentaient une abolition d'un pouls et une douleur du membre inférieur compatible avec une claudication à la marche ou à la course (stade II de la classification de Fontaine et Leriche), une douleur au décubitus (stade III) ou la présence de troubles trophiques (stade IV).

Chaque patient bénéficiait de deux examens :

- ✓ Un examen écho-Doppler classique incluant les flux
- ✓ Un examen « Doppler des flux ».

Chaque examen était effectué par un opérateur différent.

Les opérateurs experts effectuant l'écho-Doppler classique étaient au nombre de trois. L'analyse des flux était réalisée par le même opérateur.

Chaque examen était chronométré.

Le recueil de données était effectué à l'aide d'une feuille de protocole remplie en salle d'échographie dont le détail est fourni en annexes.

L'appareil utilisé était un Phillips IE 33 comprenant deux types de sondes :

- ✓ Une sonde linéaire de haute fréquence (supérieure ou égale à 7,5 MHz en mode B, environ 5MHz en Doppler) opérant en modes B, Doppler pulsé et Doppler couleur donnant accès à l'ensemble des artères des membres inférieurs depuis la partie distale des artères iliaques externes jusqu'à la terminaison des axes de jambe
- ✓ Une sonde de type barrette courbe de basse fréquence (3,5 MHz en mode B) pour l'étude des artères iliaques et l'aorte abdominale.

2.1) Echographie Doppler classique

Chaque patient est en décubitus, au repos au moment de l'examen.

L'analyse comportait systématiquement une étude 2D de l'aorte abdominale, des artères iliaques externes, de l'artère fémorale commune, de l'origine de l'artère fémorale profonde, de l'artère fémorale superficielle, poplitée sus- et sous articulaire, du tronc tibio-péronier et des artères tibiales antérieures, tibiales postérieures et fibulaires. Tous les segments sont analysés sur le plan anatomique et hémodynamique.

Au total, au minimum 16 segments d'artères ont été observés : iliaque externe, fémorale commune, origine de la fémorale profonde, fémorale superficielle, poplitée, tibiales antérieure et postérieure, fibulaire.

Le tir Doppler pulsé est effectué sur une coupe longitudinale avec un angle $< 60^\circ$ et une fenêtre d'échantillonnage suffisante.

En cas de lésion(s), le compte rendu d'échographie devait comporter :

- ✓ Descriptif de la plaque : son caractère, sa longueur, son type et son siège
- ✓ Vitesse systolique et diastolique au niveau de la sténose
- ✓ Rapport de vélocité systolique (ratio PSV)
- ✓ Retentissement en amont et distal de la sténose (signes indirects)
- ✓ Evaluation du degré de sténose en pourcentage (étude hémodynamique).

Une sténose significative était définie par un rétrécissement du calibre de l'artère d'une valeur supérieure ou égale à 50 %.

Pour le diagnostic de sténose, nous avons utilisé l'aspect hémodynamique selon les recommandations de l'ANAES 2002 (23). Aucune méthode de mesure des diamètres n'ayant été validée pour les membres inférieurs.

- ✓ Signes directs :

Pour les artères iliaques :

- Pour une sténose > 50 % : PSV > 200-250 cm/s, et ratio PSV > 2-2,5 ;
- Pour une sténose > 70 % : PSV > 350-400 cm/s, et ratio PSV > 3,5-4.

A l'étage sous-inguinal :

- Pour une sténose > 50 % : ratio PSV > 2,5-3
- Pour une sténose > 70 % : PSV > 350-400 cm/s, et ratio PSV > 3,5

En cas de lésions étagées, les ratios prennent alors toute leur importance.

- ✓ Signes indirects :

Les signes indirects concernant les sténoses > 70 % sont analysés qualitativement sur la courbe Doppler en aval d'une lésion et comprennent :

- L'amortissement : augmentation du temps de montée systolique à plus de 150 ms.

Il est mesuré de l'origine (pied de l'onde) du signal systolique au premier pic de vitesse systolique (pic systolique précoce) ou fin de la phase d'ascension rapide ET/OU

- La démodulation : tracé monophasique avec apparition éventuelle d'un flux diastolique continu.

Pour le diagnostic d'occlusion artérielle :

L'occlusion artérielle était caractérisée par une absence de signal enregistrable au site en restant prudent sur les calcifications dont le cône d'ombre empêche d'enregistrer un signal (un signal normal enregistré en aval d'un cône d'ombre permet généralement d'éliminer une occlusion segmentaire).

2.2) Le Doppler des flux

Chaque patient restait en décubitus, au repos au moment de l'examen.

Un second opérateur réalisait l'examen sans connaître les résultats du premier.

L'analyse des flux consiste à une mesure des flux au repos à 6 niveaux de façon bilatérale : premiers centimètres de la fémorale commune au niveau de l'arcade crurale, fémorale superficielle à mi-cuisse, poplitée dans le creux poplité, tibiale antérieure distale et postérieure distale, fibulaire distale (Figure 1).

Il est effectué par un tir en Doppler pulsé sur une coupe longitudinale avec un angle $< 60^\circ$ et une fenêtre d'échantillonnage suffisante.

En fin d'examen, l'aorte abdominale était visualisée grâce à la sonde d'échographie abdominale.

Les données spectrales sont considérées comme pathologiques en cas d'apparition de signes indirects de sténose avec les mêmes critères (ANAES).

Parfois le segment étudié était le siège d'une sténose permettant alors des signes directs d'évaluation.

Sur 44 patients, 12 flux ont été analysés par patient soit un total de 528 flux observés. 30,9 % (163 flux) étaient anormaux pour 69,1 % (365 flux) normaux.

16 segments ont été analysés par patient, ce qui fait un total de 704 segments. 24,2 % (171) étaient anormaux pour 75,8 % (533) normaux (Figure 10).

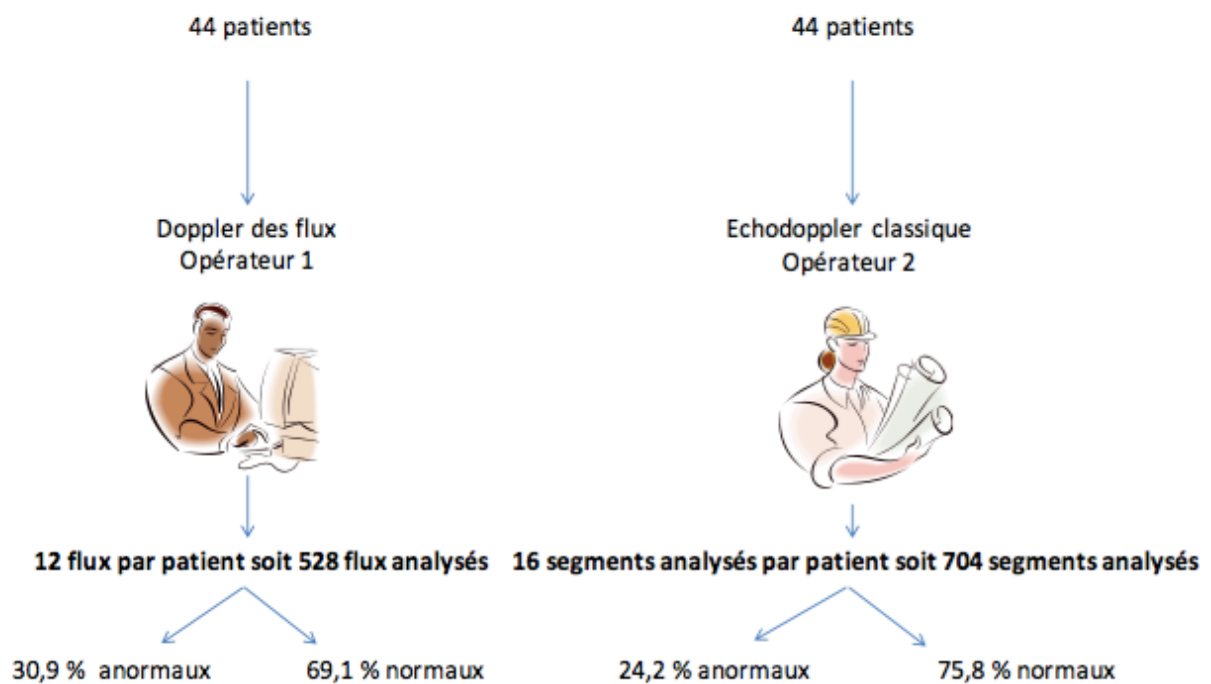


Figure 10 : Protocole de l'étude

2.3) Examen d'imagerie

En cas d'examen anormal avec identification d'une sténose significative ou d'une thrombose, un examen d'imagerie était réalisé (angio-scanner, imagerie par résonnance magnétique ou artériographie des membres inférieurs à l'appréciation de l'opérateur) afin de confirmer le diagnostic.

Les patients ayant une artériopathie distale (sous poplitée) ne bénéficiaient pas d'examen d'imagerie.

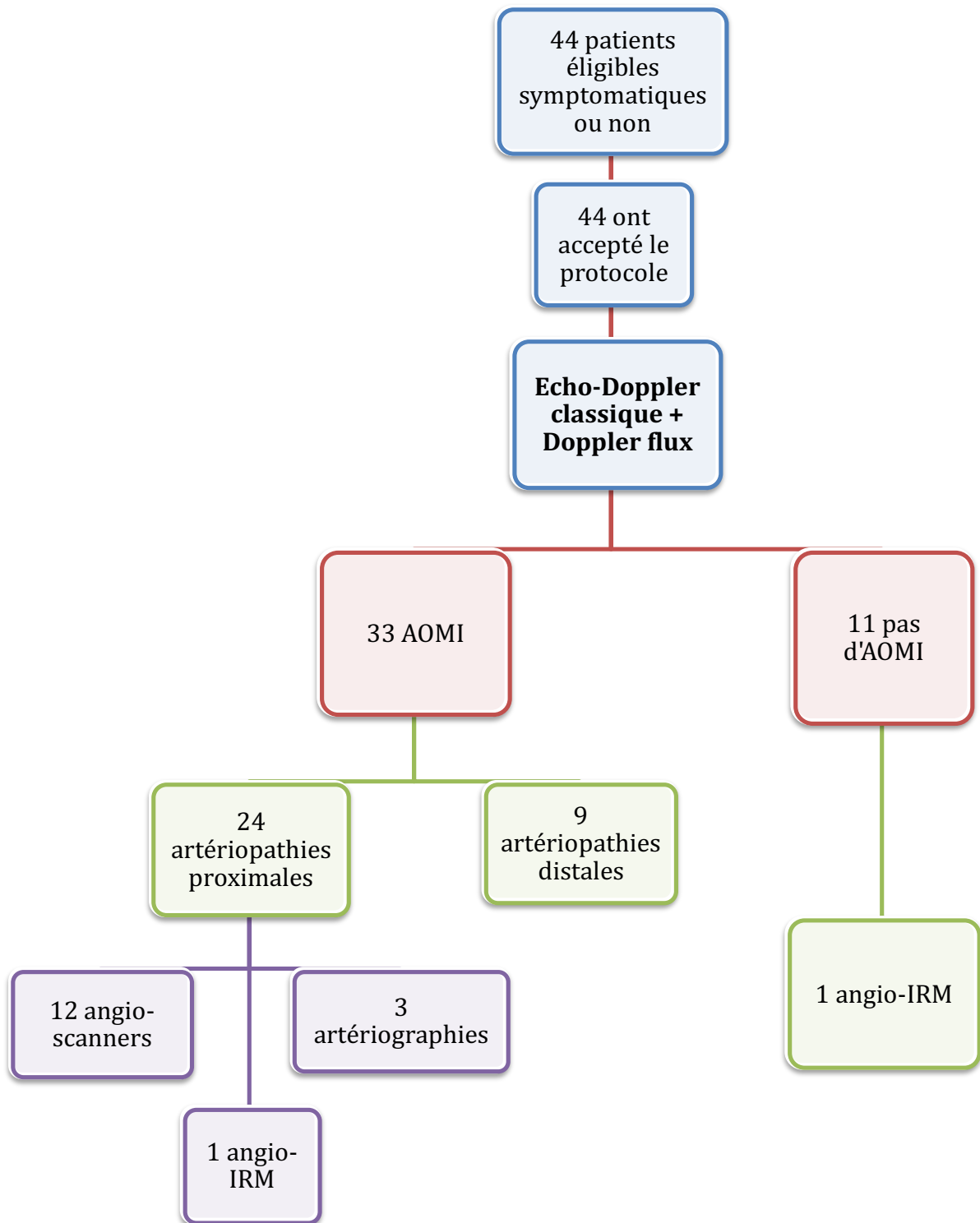


Figure 11 : Diagramme de flux

3) Critère de jugement principal

Notre critère de jugement principal comportait le calcul de la sensibilité et de la spécificité de la méthode de **diagnostic de l'AOMI** par l'analyse des flux proximaux et distaux par rapport au gold standard qu'est l'ED classique artériel des membres inférieurs.

4) Critères de jugement secondaires

Les critères de jugement secondaires comportaient :

- ✓ L'efficacité du Doppler des flux chez les patients symptomatiques et asymptomatiques
- ✓ La corrélation diagnostique du Doppler des flux avec l'imagerie
- ✓ La corrélation entre l'existence de sténose significative ou thrombose à l'ED classique lorsque le Doppler des flux est pathologique
- ✓ Le temps de procédure du Doppler des flux par rapport à l'ED classique.

5) Analyse statistique

Les analyses statistiques ont été effectuées avec le logiciel MedCalc 15.10.

Du fait de la répartition normale des variables, le test de Student a été utilisé pour comparer les variables continues (temps de procédure).

Un p inférieur à 0,05 indiquait une différence statistiquement significative.

RESULTATS

1) Motifs de l'échographie

Concernant le motif de l'échographie, 20 patients (45%) étaient symptomatiques.

Un patient (2%) se plaignait de douleurs des membres inférieurs non artéritiques, 3 (7%) consultaient pour des plaies d'étiologie non artérielle, 13 (30%) étaient adressés pour "bilan cardio-vasculaire", 2 (5%) pour suivi de leur anévrisme de l'Aorte abdominale et 5 (11%) pour le suivi de leur AOMI (Figure 12).

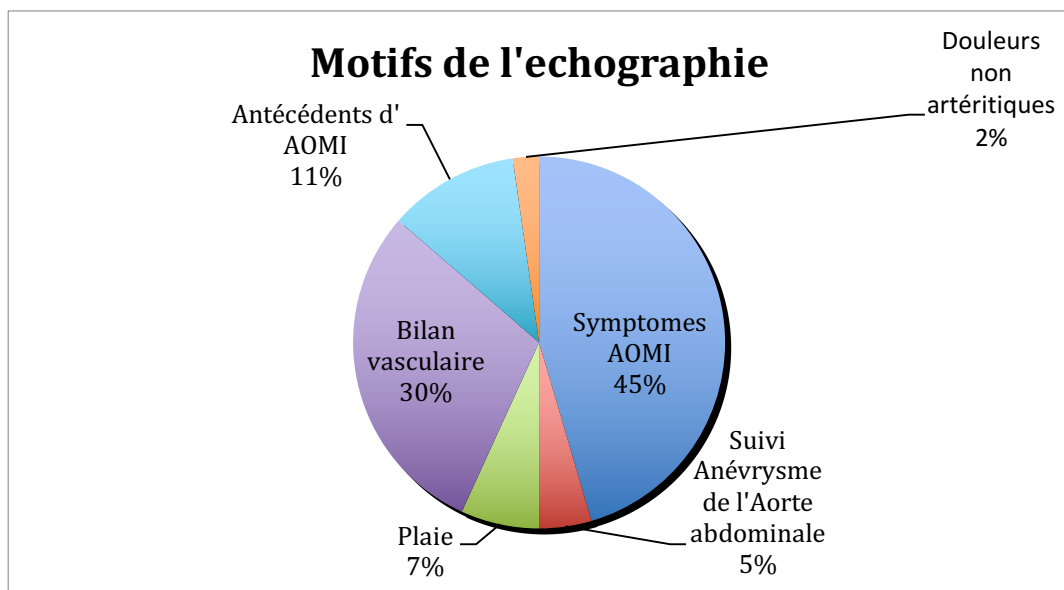


Figure 12 : Motifs de l'échographie

2) Caractéristiques des patients

Au total, 44 patients ont été inclus sur une période d'un an et 7 mois (mai 2014 à décembre 2015). L'âge moyen était de 71 ans avec une majorité d'hommes (63%).

Concernant les facteurs de risque cardio-vasculaire (FDRCV), on comptait 63 % d'hypertendus, 52 % de fumeurs, 31% de diabétiques et 31 % de dyslipidémiques.

34 % des patients avaient des antécédents de coronaropathie, 31 % des antécédents d'AOMI et 13 % des antécédents de sténose carotidienne (Tableau 4).

Nombre	44
Age (années)	71
Sexe masculin	63 % (28)
FDRCV :	
- Tabac actif ou sevré	52% (23)
- Hypertension artérielle	63% (28)
- Diabète	31 % (14)
- Dyslipidémie	31% (14)
Surcharge pondérale (IMC>25)	22% (10)
Antécédents d'AOMI	31 % (14)
- Endoprothèse artérielle membre inférieur	20 % (9)
- Pontage	9% (4)
AOMI stade I	2% (1)
Symptomatique	45% (20)
- Ischémie aigue	4 % (2)
- Stade II de Fontaine et Leriche	29 % (13)
- Stade III	6 % (3)
- Stade IV	4 % (2)
Présence des pouls	86 % (38)
Coronaropathie	34 % (15)
- Pontage aorto-coronarien	9% (4)
Insuffisance cardiaque	6 % (3)
Accident vasculaire cérébral ischémique	11% (5)
Sténose carotidienne	13 % (6)
Insuffisance rénale chronique (IRC)	4 % (2)
Anévrysme Aorte abdominale	15% (7)
VIH	4 % (2)

Tableau 4 : Caractéristiques démographiques de la population

- ✓ Sur les 20 patients symptomatiques adressés pour ED artériel des membres inférieurs (Figure 13) :
 - 13 (65%) présentaient une claudication intermittente (Stade II de la Classification de Fontaine et Leriche)
 - 3 (15%) des douleurs de décubitus (Stade III)
 - 2 (10%) des troubles trophiques (Stade IV),
 - 2 (10%) une ischémie aigue de jambe

Un seul patient était classé stade I (abolition d'un ou plusieurs pouls sans signe fonctionnel).

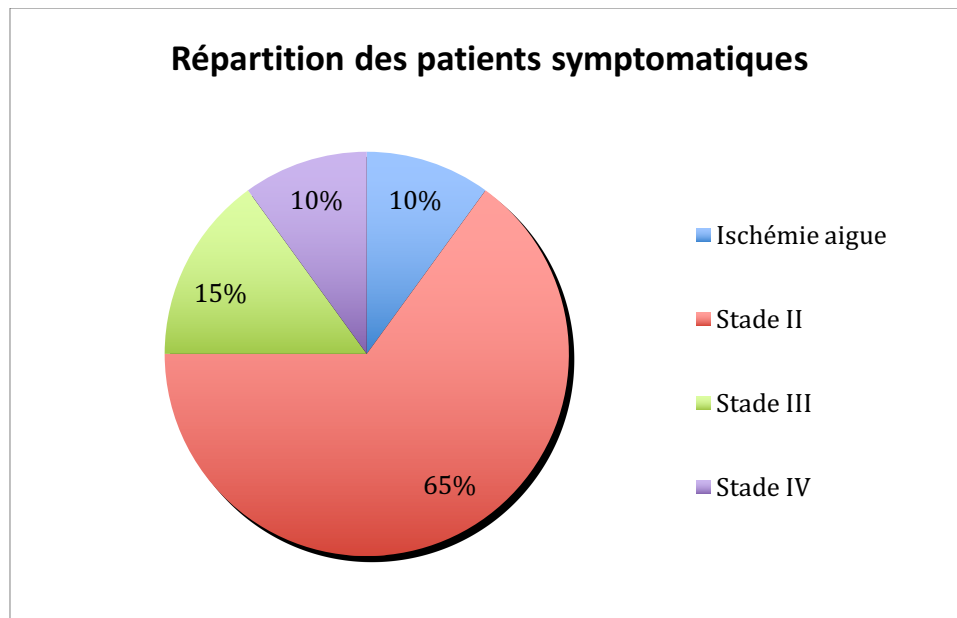


Figure 13 : Répartition des patients symptomatiques selon la classification de Fontaine et Leriche

- ✓ Parmi les 13 patients au stade de claudication, 8 avaient une lésion unique responsable du tableau et 5 présentaient des lésions multiples étagées.
Parmi les 5 patients ayant des douleurs de décubitus ou des troubles trophiques (stade III et IV de la classification de Fontaine et Leriche), 3 avaient des sténoses étagées et 2 une artériopathie uniquement distale diabétique.

Des lésions multiples ou une artériopathie distale (principalement chez le diabétique) étaient plus souvent retrouvées en cas d'ischémie permanente par rapport aux patients souffrant de claudication.

L'aspect du flux distal ne pouvait prédire à lui seul la présence d'une seule ou plusieurs lésions.

- ✓ Parmi les 33 examens anormaux, on dénombre 9 artériopathies distales exclusives et 24 artériopathies proximales. En cas d'association de lésions au niveau proximal et distal, l'artériopathie était classée proximale.

Une seule lésion sur l'artère fémorale profonde a été retrouvée en ED classique.

- ✓ Parmi les 24 artériopathies proximales, on dispose de 17 examens complémentaires d'imagerie, 8 patients n'ont pas effectué l'examen prescrit (un patient en soins palliatifs et un patient ayant bénéficié d'une chirurgie urgente pour ischémie aigue).

Nous avons obtenu 12 angio-scanners des membres inférieurs, 2 angio-IRM et 3 artériographies des membres inférieurs.

- ✓ On dénombre 15 sténoses (uniques ou étagées) diagnostiquées par le Doppler des flux.

L'aspect du flux en distalité est amorti dans 8 cas et démodulé dans 7 cas.

Sur 10 occlusions avec circulation collatérale médiocre, 6 ont des flux amortis et 4 des flux démodulés.

Parmi les 2 ischémies aiguës correspondant à des occlusions sans circulation collatérale, aucun signal n'est enregistrable en distalité de la thrombose.

Dans certains cas, les 2 aspects (amortissement et démodulation) de l'onde artérielle sont associées.

L'aspect du flux (démodulé ou amorti) ne permet pas à lui seul d'affirmer la présence d'une sténose ou occlusion insuffisamment compensée en amont. Seul l'absence de signal au niveau d'un segment artériel permet de diagnostiquer une occlusion non compensée.

3) Critère de jugement principal

Parmi les 44 patients inclus, l'écho-Doppler classique a permis le diagnostic de 33 AOMI soit 5 de plus que le Doppler des flux (Figure 14 et Tableau 5).

La sensibilité du Doppler des flux est de **84,85 %** et la spécificité de **90,91 %**.

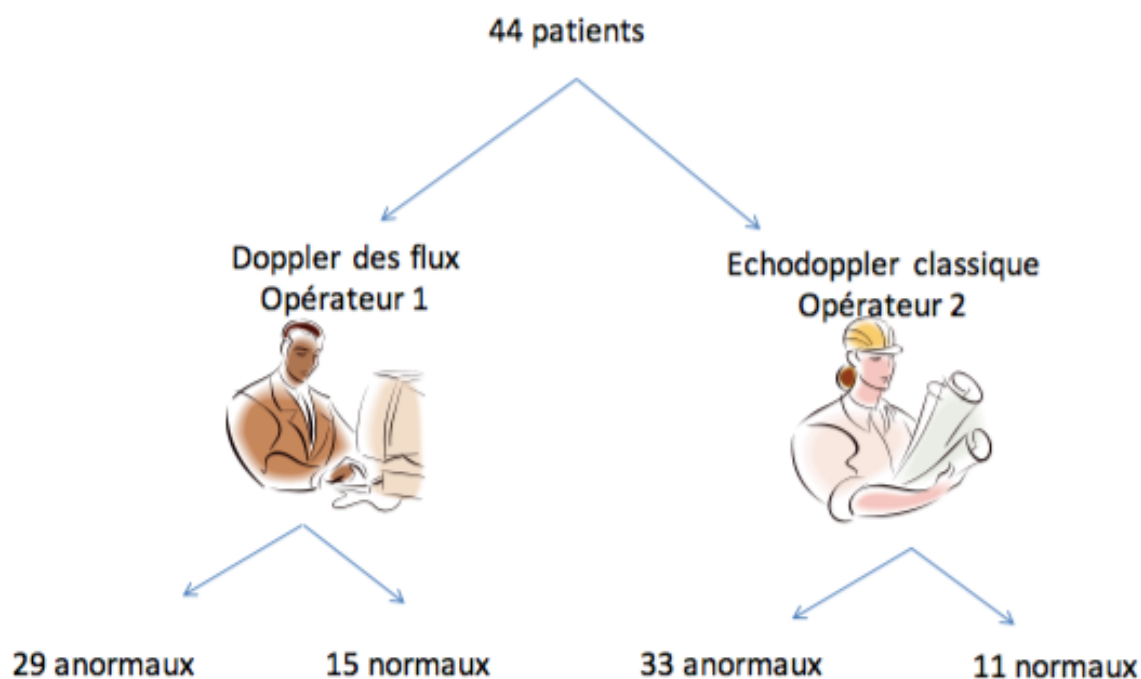


Figure 14 : Répartition des résultats des examens chez tous les patients

	AOMI (ED classique)	Pas d'AOMI (ED classique)	Total
Doppler des flux pathologique	28	1	29
Doppler des flux normal	5	10	15
Total	33	11	44

Tableau 5 : Tableau de contingence Doppler des flux et ED classique chez tous les patients

Le Tableau 6 identifie, pour chaque patient ayant un Doppler des flux pathologique, la localisation de la lésion la plus significative. Pour des raisons de lisibilité, les autres lésions associées ne sont pas représentées.

Doppler des flux altéré	Pourcentage et localisation de la lésion la plus significative
Patient 1	Artérite distale sans lésion significative
Patient 2	Sténose > 70 % fémorale superficielle droite
Patient 3	Sténose > 70 % fémorale commune droite
Patient 4	Occlusion fémorale superficielle droite
Patient 5	Sténose > 70 % fémorale commune droite
Patient 6	Sténose > 70 % iliaque externe gauche
Patient 7	Sténoses étagées < 50 % des 2 fémorales superficielles
Patient 8	Artérite distale sans lésion significative
Patient 9	Occlusion fémorale superficielle droite
Patient 10	Sténoses étagées < 50 % des 2 fémorales superficielles
Patient 11	Artérite distale sans lésion significative
Patient 12	Artérite distale sans lésion significative
Patient 13	Occlusion fémorale superficielle gauche
Patient 14	Occlusion iliaque externe droite
Patient 15	Artérite distale sans lésion significative
Patient 16	Occlusion fémorale superficielle droite
Patient 17	Sténose > 70 % fémorale superficielle droite
Patient 18	Artérite distale sans lésion significative
Patient 19	Occlusion poplitée droite
Patient 20	Sténoses étagées < 50 % fémorale superficielle droite
Patient 21	Occlusion des 2 fémorales superficielles
Patient 22	Occlusion iliaque externe droite
Patient 23	Artérite distale sans lésion significative
Patient 24	Sténoses étagées < 50 % fémorale superficielle droite
Patient 25	Artérite distale sans lésion significative
Patient 26	Artérite distale sans lésion significative
Patient 27	Occlusion fémorale superficielle droite
Patient 28	Occlusion des 2 fémorales superficielles

Tableau 6 : Pourcentage et localisation de la lésion la plus significative chez les patients ayant un Doppler des flux altéré

Nous identifions :

- ✓ 1 faux positif en rapport avec l'existence d'un flux diastolique sur l'artère tibiale postérieure gauche sans artériopathie en rapport avec une plaie inflammatoire du talon gauche
- ✓ 5 faux négatifs dont 4 en rapport avec une sténose significative d'une artère proximale et un Doppler des flux normal et 1 en rapport avec une sténose de l'artère fémorale profonde.

Parmi les 5 faux négatifs (Tableau 7) :

- ✓ 2 ne sont pas symptomatiques, l'ED étant réalisé pour un bilan vasculaire
- ✓ 3 sont symptomatiques à l'effort au stade de claudication.

Faux négatifs	Pourcentage et localisation de la lésion
Patient 1	Sténose entre 50 - 70 % de la fémorale superficielle gauche
Patient 2	Sténose 50 % de la fémorale superficielle gauche
Patient 3	Sténose > 70 % de la fémorale superficielle droite
Patient 4	Sténose 50 % de la fémorale profonde gauche
Patient 5	Sténose entre 50-70 % de la fémorale superficielle droite / Sténose > 70 % de la fémorale superficielle gauche

Tableau 7 : Pourcentage et localisation des lésions chez les faux négatifs

4) Critères de jugement secondaires

4.1) L'efficiencia du Doppler des flux chez les patients symptomatiques et asymptomatiques

- ✓ Chez les 20 patients symptomatiques, le Doppler des flux n'a pas identifié 3 AOMI (Figure 15 et Tableau 8).

La sensibilité retrouvée est de **85%**.

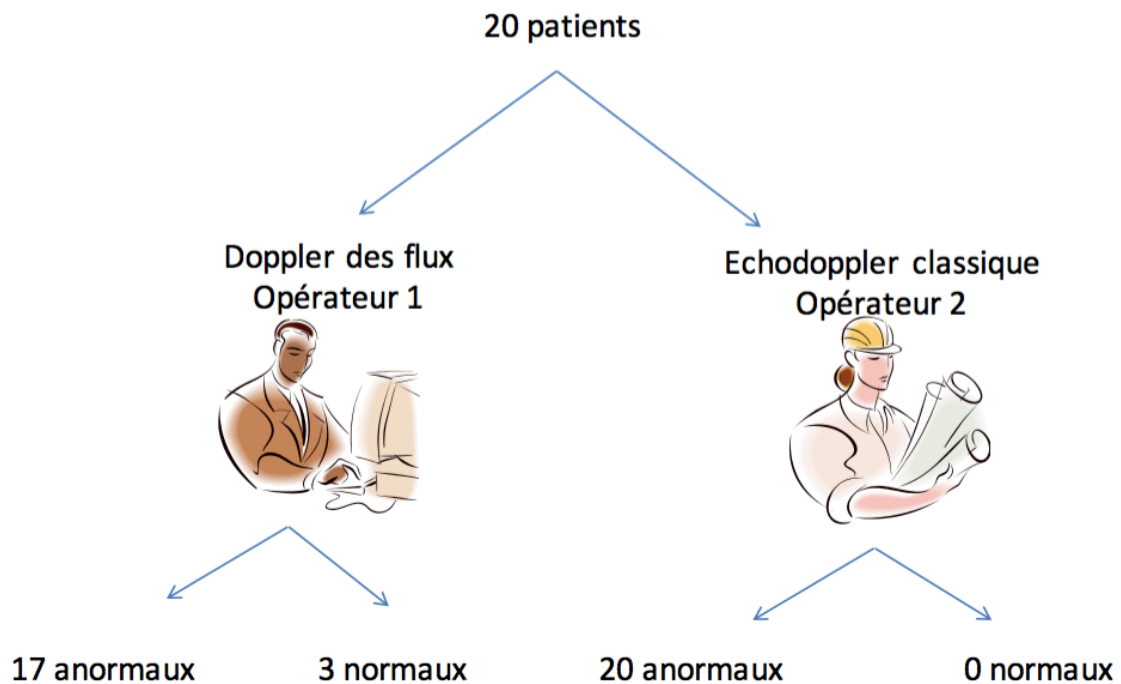


Figure 15 : Répartition des résultats des examens chez les patients symptomatiques

	AOMI (ED classique)	Pas d'AOMI (ED classique)	Total
Doppler des flux pathologique	17	0	17
Doppler des flux normal	3	0	3
Total	20	0	20

Tableau 8 : Tableau de contingence Doppler des flux et ED classique chez les patients symptomatiques

-Tous les patients symptomatiques au stade III (ischémie de repos), stade IV (troubles trophiques) et ischémie aiguë ont un Doppler des flux pathologique. La sensibilité chez ces patients est de **100 %**.

-Les 3 faux négatifs sont représentés par des patients ayant un Doppler des flux normal mais une authentique AOMI. Ces 3 patients présentaient une claudication des membres inférieurs.

Sur 13 patients claudicants, 10 sont dépistés par le Doppler des flux. La sensibilité chez ces patients au stade II est de **76,92 %**.

- ✓ Concernant les 24 patients indemnes de symptômes d'AOMI, le Doppler des flux a dépisté 11 AOMI. On retrouve 2 faux négatifs. La sensibilité est de **84,62 %** et la spécificité de **90,91 %** (Tableau 9).

	AOMI (ED classique)	Pas d'AOMI (ED classique)	Total
Doppler des flux pathologique	11	1	12
Doppler des flux normal	2	10	12
Total	13	11	24

Tableau 9 : Tableau de contingence Doppler des flux et ED classique chez les patients asymptomatiques

4.2) Corrélation diagnostique du Doppler des flux avec l'imagerie

Parmi ces 16 examens réalisés, on dénombre 12 angio-scanners des membres inférieurs, 1 angio-IRM et 3 artériographies.

Une patiente s'est présentée en échographie-Doppler avec son examen d'imagerie (angio-IRM) déjà réalisé, et avéré normal.

	AOMI (Imagerie)	Pas d'AOMI (Imagerie)	Total
Doppler des flux pathologique	15	0	15
Doppler des flux normal	1	1	2
Total	16	1	17

Tableau 10 : Tableau de contingence Doppler des flux et imagerie

En analysant les 16 AOMI diagnostiquées en imagerie, le Doppler des flux en a authentifiées 15 avec une sensibilité de **93,75 %**.

Le seul faux négatif est en rapport avec une sténose significative bien compensée.

Un seul patient n'avait pas d'AOMI (Doppler des flux et imagerie négatifs), la spécificité est de **100 %** (Tableau 10).

4.3) Corrélation entre l'existence de sténose significative ou thrombose à l'ED classique lorsque le Doppler des flux est pathologique

Sur 28 Doppler des flux pathologiques, 15 patients sont porteurs de sténoses significatives ou thromboses (54%) sur l'ED classique correspondant (Figure 16).

Le sous groupe de la population étant faible, le risque alpha ne peut être calculé.

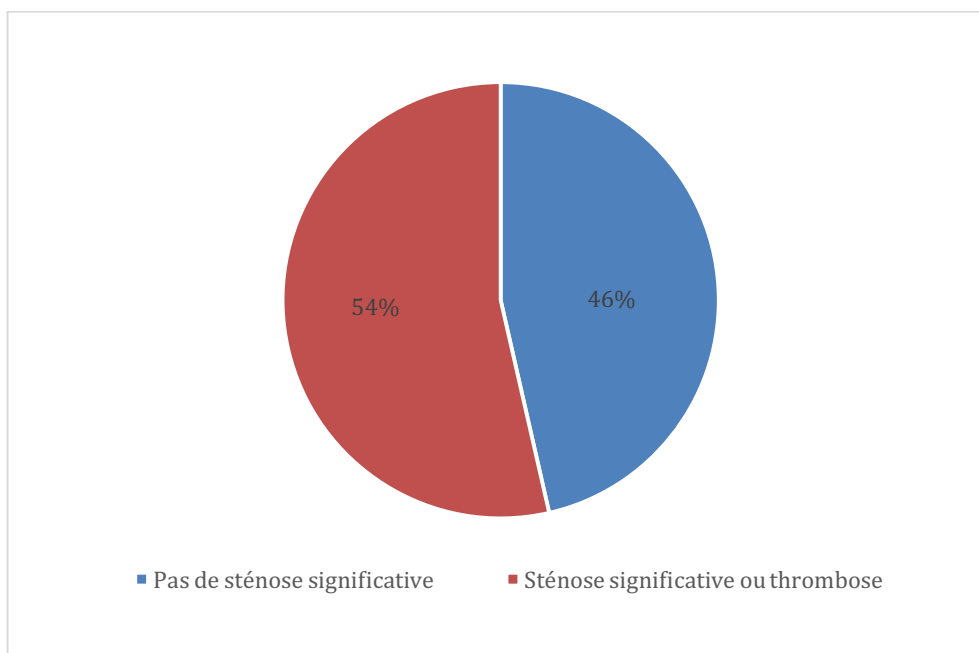


Figure 16 : Taux de sténose significative ou thrombose retrouvé en cas d'altération du Doppler des flux

Les principales causes d'altération du Doppler des flux sans sténose significative sont :

- ✓ l'existence de sténoses étagées (de moins de 50 % de diamètre) en amont du flux pathologique
- ✓ l'artériopathie distale, vue principalement chez le diabétique, sujet âgé et insuffisant rénal.

4.4) Temps de procédure du Doppler des flux et de l'ED

Il existe une différence significative ($p=0.020$) en termes de temps en faveur du Doppler des flux par rapport au Doppler classique.

Le temps moyen du Doppler des flux est de 7 minutes (avec un temps minimal de 5 minutes et maximal de 10 minutes) et celui du Doppler classique est de 27 minutes (avec un temps minimal de 24 minutes et maximal de 32 minutes) (Tableau 11 et Figure 17).

	Doppler des flux	Doppler classique	p
Temps moyen (minutes)	7	27	0.020

Tableau 11 : Comparaison du temps de procédure du Doppler des flux par rapport à l'ED classique

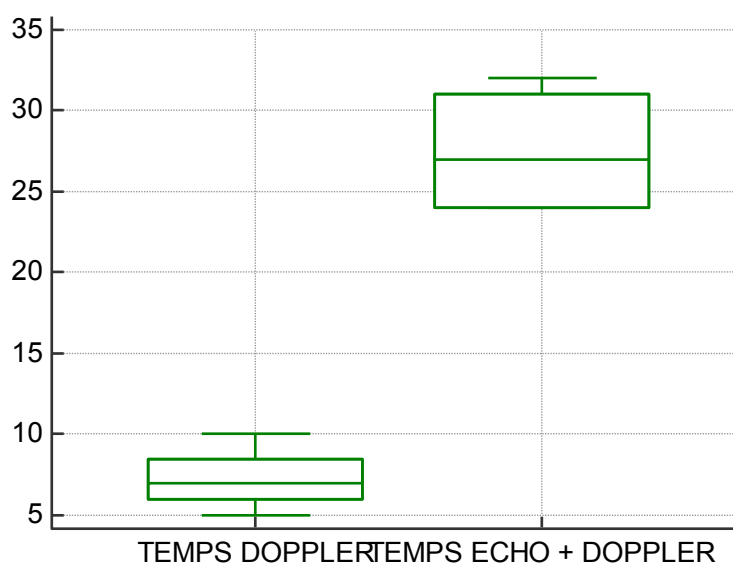


Figure 17 : Temps de procédure du Doppler des flux et de l'ED classique (en minutes)

DISCUSSION

1)Données générales de la population

Concernant la population de notre étude, la moyenne d'âge est de 71 ans, avec une majorité d'hommes (63%).

Près de la moitié des patients sont tabagiques (52%) et près d'un tiers sont diabétiques (31%) et dyslipidémiques (31%) .

Le facteur de risque cardio-vasculaire le plus prépondérant est l'hypertension artérielle (63%). L'étude menée par Boccaon et al avec 8987 patients objectivait 22,1 % de tabagiques, 22,9 % de diabétiques et 47,2% d'hypertendus (54).

Behar retrouvait dans son étude réalisée avec 4678 patients, 11,1 % de tabagiques, 16,6% de diabétiques, 43,3 % de dyslipidémiques et 43,6 % d'hypertendus (55).

Notre étude note des chiffres plus élevés pour chaque facteur de risque cardio-vasculaire.

Cela peut s'expliquer par une selection différente des patients. En effet notre étude est réalisée à l'hôpital, avec des patients présentant davantage de comorbidités que la population de dépistage de ville.

L'hypertension artérielle est le facteur de risque le plus représenté.

2)Critère de jugement principal

2.1) Comparaison avec les autres études sur le Doppler des flux

Nous avons obtenu une sensibilité du Doppler des flux de 84,85 %.

Dans notre étude, le Doppler des flux ne détecte donc que 85 % des patients qui ont une authentique artériopathie.

La spécificité du Doppler des flux comparativement au gold standard est de 91 %.

Nos résultats sont concordants avec ceux de Tehan (56). Ce dernier en Janvier 2016 a établi la sensibilité et la spécificité de l'onde Doppler au pied (tibial postérieur et pédieuse) pour détecter l'artériopathie oblitérante des membres inférieurs. L'ED classique était le gold standard.

Un Doppler des flux distal pathologique était défini par la perte de l'aspect triphasique ou bi-phasique de l'onde artérielle, un temps d'accélération systolique allongé et l'absence

d'inversion du flux diastolique.

Une sensibilité de 74,19 % était retrouvée chez les patients diabétiques (73 patients) et 84,21 chez les patients non diabétiques (46 patients).

Dans cette étude, la sensibilité de l'onde Doppler était plus élevée que les mesure de l'IPS et de pression au gros orteil, pour le dépistage de l'artériopathie.

L'artériopathie oblitérante était définie ici par une ou plusieurs sténoses supérieures à 50 % à l'ED classique.

La spécificité du Doppler des flux au niveau de la tibiale postérieure et pédieuse était de 92,86 % chez les diabétiques et 96,3 % chez les non diabétiques.

Williams en 2005 (57), obtenait une meilleure sensibilité, avec 86 % chez les sujets non diabétiques, 100 % chez les diabétiques sans neuropathie et 94 % chez les diabétiques avec neuropathie.

Là aussi on s'intéressait seulement au Doppler des flux localisé à l'artère tibiale postérieure et pédieuse.

Dans cette étude, un Doppler des flux pathologique était défini par la seule perte du signal triphasique.

L'AOMI était définie par la présence en ED classique de sténose unique ou multiple, d'occlusion, dans les segments fémoro-poplités, entraînant des modifications du flux au niveau du site pathologique et à l'absence d'inversion du flux diastolique distal.

La spécificité était ici excellente soit 96 % chez les non diabétiques, 92 % chez les diabétiques sans neuropathie et en revanche 66 % chez les diabétiques atteints de neuropathie.

Dans une étude plus ancienne, Bagi (44) s'est intéressé à la sensibilité du Doppler des flux comparée à l'artériographie au niveau aorto-iliaque et fémoro-poplité (40 patients).

Le Doppler des flux était pathologique en cas de temps de montée systolique supérieur à 120ms ou de flux monophasique et démodulé.

Une sensibilité élevée de 95 % pour le segment aorto-iliaque et 79 % pour le segment fémoro-poplité a été objectivée.

L'artériopathie était définie par une sténose supérieure à 50 % à l'artériographie.

L'auteur annonçait une spécificité à plus de 90 % également : la spécificité au niveau du segment aorto-iliaque était de 97 % et de 93 % au niveau du segment fémoro-poplité (Tableau 12).

Etudes	Sensibilité (%)	Spécificité (%)
Notre étude	85	91
Tehan (56)		
Diabétiques	74,19	92,86
Non Diabétiques	84,21	96,3
Williams (57)		
Diabétiques sans neuropathie	100	92
Diabétiques avec neuropathie	94	66
Non diabétiques	86	96
Bagi (44)		
Segment aorto-iliaque	95	97
Segment fémoro-poplité	79	93

Tableau 12 : Sensibilité et spécificité du Doppler des flux des principales études comparées à notre étude

Notre travail a analysé l'onde artérielle à 12 niveaux et pas seulement au niveau tibial postérieur et pédieux. Les performances de l'examen devraient logiquement être supérieures aux études décrites.

La sensibilité du Doppler des flux est superposable aux sensibilités retrouvées chez les patients non diabétiques dans l'étude de Tehan et Williams.

Notre spécificité se rapproche des études ci-dessus (> 90 %) à l'exception de la spécificité chez les patients diabétiques avec neuropathie obtenue dans le travail de Williams.

2.2) Comparaison avec l'IPS

Huit études (58 à 64,51) se sont intéressées à la performance de l'IPS pour le diagnostic de l'AOMI.

Les chiffres de sensibilité et de spécificité rapportés sont très variables (Tableau 13).

Pour distinguer un membre inférieur sain d'un membre inférieur pathologique, un $IPS < 0,97$ permettait d'obtenir une sensibilité de 97 % et une spécificité de 100 % pour Ouriel (64), une sensibilité de 85 % et une spécificité de 85 % pour Lijmer (59).

Baxter (62) n'objectivait pas de différence significative entre les IPS des sujets normaux et les IPS des patients ayant une sténose fémoro-poplitée.

Il obtient une spécificité très basse de 40%.

Pour Carter (51), 20% des sténoses angiographiques serrées et 44% des sténoses modérées présentaient un $IPS > 0,98$.

Pour rappel, selon les différentes recommandations, un $IPS < 0,9$ est le témoin de l'existence d'une AOMI. Hors on remarque à travers ces différentes études, et surtout si on se réfère à l'étude de Lijmer (59), que l' $IPS < 0,91$ ne diagnostiquerait pas 21 % des patients porteurs d'une sténose ≥ 50 % angiographique. Un $IPS < 0,97$ serait plus sensible avec toutes les limites de la reproductibilité de l'examen.









Auteur	Population	Critère diagnostique, valeur de l'IPS et performance		
SIMON 2000 	140 patients asymptomatiques porteurs de facteurs de risque vasculaire Détection par échographie de lésions athéroscléreuses (plaques non sténosantes ou sténoses $\geq 50\%$) iliaques FC ou FS	ISP $< 0,9$	Se 44 %	Sp 98 %
LIJMER 1996 	Étude rétrospective de 106 MI explorés par artériographie chez 441 patients artériopathes	Détection d'une sténose $\geq 50\%$ ou d'une occlusion quel que soit son siège : IPS $< 1,19$ IPS $< 1,05$ IPS $< 0,98$ IPS $< 0,91$	Se 94 % Se 88 % Se 85 % Se 79 %	Sp 29 % Sp 83 % Sp 85 % Sp 96 %
ABRAHAM 1995 	101 patients adressés pour une exploration artérielle (110 MI pathologiques, 80 MI normaux) Référence ED : disparition du reflux Doppler et plaques athéroscléreuses en écho (site d'enregistrement non précisé)	Diagnostic d'une artériopathie mineure IPS Normal $\geq 0,8$ IPS Normal $\geq 0,9$ IPS Normal $\geq 0,95$	Se 16 % Se 39 % Se 46 %	Sp 100 % Sp 100 % Sp 98 %
FEIGELSON 1994 	484 adultes (967 MI) Diagnostic d'une artériopathie clinique sur un algorithme clinique	Diagnostic d'une artériopathie des gros vaisseaux IPS inférieur ou égal à 0,8 En associant IPS $\leq 0,8$ et PSV ≤ 3 cm/sec au niveau de la tibiale postérieure : Se 89 % Sp 99 % dans la population totale, Se 82 % Sp 99 % en excluant les lésions isolées de la tibiale postérieure, Se 88 % Sp 99 % dans la population asymptomatique.	Se 39,6 %	Sp de 99 %
BAXTER 1993 	Étude prospective de 20 patients symptomatiques, avec référence artériographique	Sténose $> 50\%$ / occlusion IPS < 1	Se 100 %	Sp de 40 %
NICHOLSON 1993 	50 patients consécutifs ayant une artériographie pour des symptômes d'artériopathie	Sténose $> 25\%$ Chute de la pression à la cheville ≥ 20 mmHg	Se 92 %	Sp 75 %
OURIEL 1982 	25 sujets normaux (50 MI) 218 patients (372 MI) porteurs d'une artériopathie asymptomatique ou symptomatique	Distinction entre MI sain et pathologique IPS $< 0,97$: Se 97 % Sp 100 %		
CARTER 1969 	NP	Artériopathie angiographique IPS $< 0,97$	Se 94 %	Sp 100 %

Tableau 13 : Performance diagnostique de l'IPS

3)Faux négatifs

3.1) Sténose significative sans retentissement en aval

On note 5 FN :

- ✓ 2 sont secondaires à l'existence d'une sténose significative de plus de 70 % (qui normalement engendre des signes indirects) , mais qui ici, est bien supplémentée car l'onde artérielle distale est normale.

En effet, en cas de circulation collatérale efficace, le tracé artériel est normal en aval de la sténose.

Donc si la sonde d'échographie Doppler est placée en aval de la sténose significative compensée, la sténose ne peut être détectée.

- ✓ Les 3 autres FN présentent des sténoses entre 50 et 70 %.

Ces patients-là ne sont pas dépistés par le Doppler des flux car, à moins de localiser la sonde au niveau de la sténose, il n'y a aucun signe indirect en aval.

C'est l'une des principales limites du Doppler des flux.

Parmi les 5 patients FN :

- ✓ 2 ne sont pas symptomatiques, l'ED étant réalisé pour un bilan vasculaire
- ✓ 3 sont symptomatiques à l'effort au stade de claudication.

Nous n'avons pas réalisé dans notre protocole de test de sensibilisation.

Selon l'ANAES 2002 (23), une épreuve de sensibilisation par l'effort est recommandée pour améliorer la performance de l'examen :

- ✓ Pour le diagnostic des sténoses intermédiaires
- ✓ Quand la normalité de l'IPS et/ou de l'ED au repos est discordante par rapport à la clinique, afin d'identifier une lésion passée inaperçue
- ✓ Quand la sévérité des lésions détectées en ED est discordante avec l'évaluation des flux d'aval, afin d'évaluer la collatéralité.

En cas de claudication à la marche avec un examen Doppler des flux normal, une épreuve de sensibilisation à l'effort devrait donc être réalisée.

Nous proposons de compléter l'examen soit par un écho-Doppler artériel classique avec des manœuvres positionnelles (15 à 30 flexions-extensions standards ou sur la pointe des pieds (test de sensibilisation simplifié)) soit par une sensibilisation des flux distaux à l'effort.

Si un test de marche normalisé sur tapis roulant est réalisé, une mesure des pressions au bras et à la cheville pendant dix minutes après l'arrêt de l'effort devra être réalisée (test de Skinner-Strandness). Ce test présente le double avantage de démasquer les lésions visibles qu'à l'effort. Il permet donc de confirmer une claudication artérielle malgré un examen de base normal afin d'apprécier la valeur de la collatéralité par la mesure de l'IPS post-effort pendant 10 à 20 minutes (fenêtre ischémique).

En cas de symptômes typiques ou atypiques évocateurs de maladie artérielle périphérique, le test de marche sur tapis roulant devrait être envisagé pour confirmer le diagnostic et pour la quantification du périmètre de marche (ESC 2011 Classe IIa) (2).

En cas de Doppler des flux normal chez un patient symptomatique à l'effort, une épreuve de sensibilisation devrait être réalisée.

3.2) Endofibrose artérielle

Une autre cause de FN qui peut être retrouvée dans la population, surtout sportive, est l'endofibrose artérielle.

L'endofibrose artérielle est une pathologie de l'athlète de haut niveau, décrite la première fois en 1986. Sa prévalence est difficile à estimer, mais elle peut aller de 10 à 20 % chez des cyclistes professionnels (65).

La localisation préférentielle est l'artère iliaque externe. La symptomatologie est hétérogène (crampe, fatigue, œdème, paresthésie, paralysie), toujours liée à un effort (66).

Le diagnostic peut être retardé du fait de l'atypie des symptômes chez des sujets sportifs. En effet, elle est sous-diagnostiquée car les symptômes sont volontiers pris à tort pour des problèmes neurologiques, musculaires ou ostéo-articulaires dans cette population d'athlètes (67). L'examen vasculaire est normal sans souffle ni abolition des pouls (68).

L'aspect à l'ED de repos est un épaississement échogène minime souvent excentré prédominant sur l'artère iliaque externe et passe souvent inaperçu (69). Le Doppler des flux de repos est quant à lui normal.

À l'effort, les flux au niveau de l'épaississement s'accélèrent avec dispersion spectrale et apparition d'un flux diastolique témoignant d'une sténose hémodynamique (70) (Figure 18).

Ces résultats sont confirmés par une revue récente de la littérature reprenant 413 articles, qui conclut à l'importance de coupler une épreuve d'effort adaptée et un ED pour diagnostiquer et localiser une endofibrose (71).

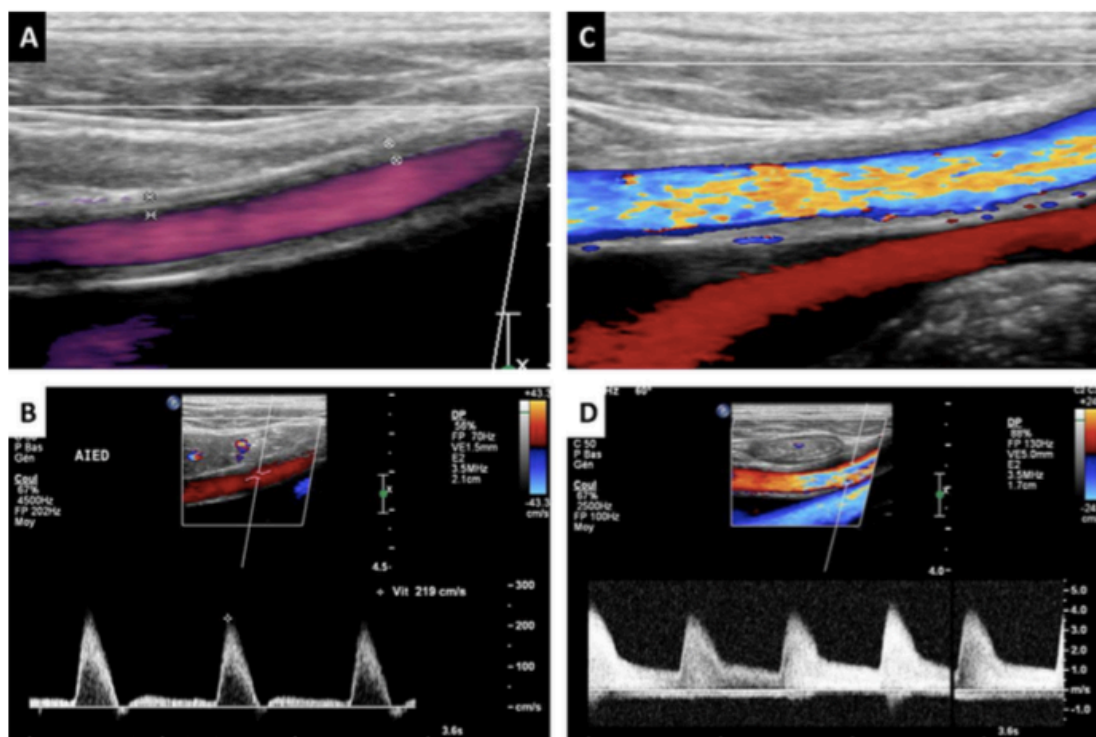


Figure 18 : Écho-Doppler de repos et post-effort d'une endofibrose iliaque : l'écho-Doppler de repos (A) retrouve un épaississement circonférentiel échogène minime de 1 mm de la terminaison de l'artère iliaque externe droite non sténosant (B) sans excès de longueur. Après l'effort, un *aliasing* couleur est visualisé en regard de l'épaississement (C) et le flux Doppler montre un pic systolique élevé (5 m/s) avec une dispersion du spectre et un flux diastolique, non retrouvés du côté gauche témoignant de la sténose hémodynamique (D).

3.3) Sténose de l'artère fémorale profonde

Il faut également être très prudent en cas de Doppler des flux non pathologique chez un patient notamment diabétique ayant une claudication intermittente localisée à la face externe de la cuisse pouvant correspondre à une lésion de la fémorale profonde.

Cette lésion, surtout si elle prédomine au niveau du tronc plutôt qu'au niveau de l'ostium peut passer inaperçue. Il est important de la rechercher par l'ED classique en cas de suspicion clinique avec un Doppler des flux normal.

Dans notre étude, un patient avait une sténose supérieure ou égale à 50 % de l'ostium de la fémorale profonde.

4)Faux positifs

Dans notre étude, on dénombre un faux positif en rapport avec l'existence d'un flux diastolique sur l'artère tibiale postérieure gauche sans artériopathie. Cet aspect est secondaire à une vasodilatation locale, conséquence d'une inflammation en rapport avec une plaie du talon gauche dont l'étiologie n'est pas artérielle.

Les principaux FP rencontrés avec le Doppler des flux sont en rapport avec une diminution des résistances causée par une vasodilatation (cause hémodynamique). La diminution des résistances entraîne un flux diastolique au niveau de l'onde artérielle.

Les causes principales de vasodilatation périphérique :

- ✓ Inflammation/ Infection locale
- ✓ Troubles trophiques (plaie pouvant être d'origine non artérielle)
- ✓ Neuropathie diabétique (expliquant la faible spécificité à 66 % du Doppler des flux distaux chez les diabétiques présentant une neuropathie (57))
- ✓ Sympathectomie lombaire
- ✓ Reperfusion après revascularisation.

Une prudence s'impose donc en cas d'altération du Doppler des flux (principalement en cas de flux diastoliques) chez un patient présentant une cause de vasodilatation périphérique.

5)Critères de jugement secondaires

5.1)L'efficience du Doppler des flux chez les patients symptomatiques et asymptomatiques

- ✓ Chez les 20 patients symptomatiques, la sensibilité du Doppler des flux est de 85 %.

Pour Bagi (44), qui a inclus 40 patients artéritiques, 50 % des patients étaient symptomatiques et 90 % au stade de claudication intermittente.

Sa sensibilité variait de 95 % pour le segment aorto-iliaque à 79 % pour le segment fémoro-poplité. La spécificité était élevée variant de 97 % au niveau du segment aorto-iliaque à 93 % au niveau du segment fémoro-poplité.

Nos chiffres de sensibilité et spécificité sont moindres, avec un faible effectif et en l'absence de dichotomie entre le segment aorto-iliaque et fémoro-poplité.

- ✓ La sensibilité chez les patients asymptomatiques est de 85 % et sa spécificité de 91%, identiques aux chiffres retrouvés dans la population générale de notre étude.

5.2) Corrélation diagnostique du Doppler des flux avec l'imagerie

Nous obtenons une bonne sensibilité (94 %) et une excellente spécificité (100 %) du Doppler des flux pour le diagnostic de l'AOMI en référence à l'imagerie.

Ces résultats sont à nuancer en rapport avec le faible nombre d'imageries étudiées. D'autant plus que pour avoir des résultats interprétables, il aurait fallu avoir un seul examen d'imagerie de référence, interprété par une même personne et prescrire cet examen d'imagerie aux 44 patients, qu'ils aient un Doppler des flux altéré ou non.

Le seul faux négatif retrouvé dans notre étude est en rapport avec une sténose significative bien compensée.

L'angio-scanner permet de bien analyser les artères des membres inférieurs jusqu'en distalité grâce au développement des scanners spiralés multibarrettes. Avec les systèmes "64 barrettes", la qualité des images a été largement améliorée. Les calcifications sont clairement visibles. Néanmoins, l'injection du contraste iodé (tout comme dans l'artériographie) peut aggraver une insuffisance rénale et entraîner une réaction allergique.

En 2009, en comparaison à l'artériographie, une méta-analyse portant sur 20 études et 957 patients a retrouvé une sensibilité et une spécificité de l'angio-scanner respectivement de 96 et 98 % pour la détection de sténoses de plus de 50 % à l'étage aorto-iliaque, de 97 et 94 % pour les lésions fémoro-poplitées et de 95 et 91 % pour les artères distales (72).

Dans une étude plus récente toujours réalisée en comparaison avec l'artériographie conventionnelle, la sensibilité, la spécificité, les valeurs prédictives positives et négatives pour détecter les sténoses de 70 % sont respectivement 96, 96, 96 et 99 % (73). Ces différentes évaluations permettent donc de confirmer les excellents résultats de l'angio-scanner.

La limite de l'IRM dans l'AOMI reste la non-visualisation des calcifications et des endoprothèses (qui entraînent des artefacts).

En comparaison avec l'artériographie, l'angio-IRM permet d'obtenir une sensibilité et une spécificité respectivement entre 93 et 100 % dans les deux cas (2).

L'artériographie est réalisée en cas de résultats inadéquats, avec actes de revascularisation dans le même temps si possible.

Aucune étude n'avait comparé l'analyse seule des flux à l'angio-scanner ou angio-IRM pour le diagnostic de l'AOMI.

5.3) Corrélation entre l'existence de sténose significative ou thrombose à l'ED classique lorsque le Doppler des flux est pathologique

Sur 28 Doppler des flux pathologiques, on dénombre seulement 15 patients présentant une ou plusieurs sténoses significatives ou thromboses supplémentées ou pas (en excluant les sténoses étagées < 50 %) sur l'ED classique, ce qui équivaut à un pourcentage de 54 %. Dans 46% des cas, il n'y a pas de lésion significative en cas d'altération de l'onde artérielle.

Les principales causes d'altération du Doppler des flux (en excluant les FP) sans sténose significative sont l'existence de sténoses étagées (de moins de 50 % de diamètre) en amont du flux pathologique et l'artériopathie distale, vue principalement chez le diabétique.

5.3.1) Sténoses étagées

Concernant les sténoses étagées, l'ANAES précise dans son rapport de 2002 (23) qu'en cas de sténoses multiples des artères sous inguinales, il est important, pour les quantifier, de se centrer sur le calcul du rapport des vitesses systoliques de chaque sténose. En effet, ces sténoses engendrent un effet hémodynamique cumulatif altérant l'onde artérielle, qu'elles soient significatives ou pas.

5.3.2) Artériopathie distale

L'autre principale raison d'altération du flux Doppler avec AOMI mais sans sténose significative, est due à l'artériopathie distale, retrouvée chez le patient diabétique et insuffisant rénal (Figure 19). L'AOMI est fréquente (x 3,5 pour l'homme, x 6,5 pour la femme) dans cette population, plus précoce (10 ans plus tôt) et évoluant à bas bruit. Elle est fréquemment distale, intriquée avec la neuropathie, et à l'origine du pied diabétique. Les artères jambières sont les plus touchées mais également les branches de la fémorale profonde et de l'iliaque interne. Les artères péronières et pédieuses sont, quant à elles fréquemment épargnées (74).

Soulignons que l'homme âgé a également une répartition distale de l'AOMI (74).

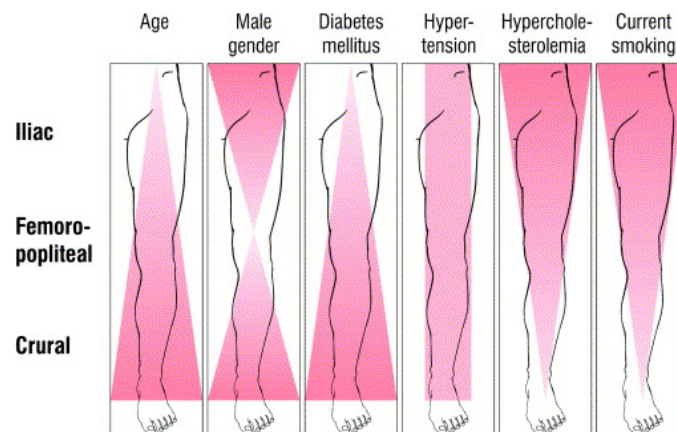


Figure 19 : Localisation de l'AOMI en fonction des facteurs de risque cardio-vasculaire

Le patient avec insuffisance rénale chronique terminale, dialysé ou greffé, est lui aussi à haut risque d'artériopathie distale et calcifiante.

Mais, contrairement au diabétique sans insuffisance rénale, les lésions d'artériosclérose s'étendent volontiers aux artères du pied.

L'artériopathie distale est secondaire à l'atteinte de la micro circulation concernant des vaisseaux de moins de 150 micromètres. On n'observe pas de lésion occlusive mais un élargissement du diamètre des capillaires et un épaississement de la membrane basale. Le débit sanguin et la pression de perfusion sont effondrés.

Le Doppler des flux est ainsi altéré en distalité sans lésion significative en amont.

Dans notre étude, parmi les 9 artériopathies distales exclusives retrouvées, on dénombre 3 patients diabétiques et un patient insuffisant rénal. Les autres patients ont plus de 65 ans.

Un des biais de notre étude concernant ces patients est un manque d'informations sur l'éventualité d'une neuropathie associée pouvant altérer ces flux comme dans l'étude de Williams (57).

La mesure des flux proximaux en plus des flux distaux nous permet de localiser le segment atteint, par rapport à la mesure seule des flux distaux.

Cependant, dans notre travail, tous les patients ayant des flux proximaux altérés avaient des flux distaux pathologiques, la rentabilité diagnostique est identique que l'on associe la mesure des flux proximaux et distaux par rapport aux flux distaux seuls.

L'exception pourrait être retrouvée en cas de localisation fortuite au tir Doppler, d'une sténose significative ou thrombose proximale avec collatéralités efficaces, traduite par un flux altéré au site de l'artère pathologique et des flux distaux normaux.

Concernant les pontages, quatre de nos patients présentaient des greffons.

La série prospective de Bandyk (75) portait sur 197 pontages veineux fémoro-poplités ou sous-poplités chez 190 patients. Quarante-neuf pontages étaient porteurs de 56 sténoses > 50 % en diamètre au cours du suivi.

Nous avons retenu les valeurs de diagnostic utilisées par cet auteur, à savoir pour le diagnostic de sténose > 50 % de diamètre :

- ✓ L'association de PSV < 45 cm/sec (sensibilité de 96 % pour le diagnostic de sténose) et
- ✓ La modification de l'aspect de la courbe : évolution d'une courbe triphasique soit vers une courbe monophasique avec flux diastolique positif (31/56 pontages, 55 %), soit vers une courbe monophasique sans flux diastolique (22/56 pontages, 39 %)

Un index de résistance abaissé peut également orienter vers une sténose d'un pontage veineux sous inguinal (76).

Néanmoins, aucun de nos patients ne présentaient de resténose ou thrombose des ponts.

5.4) Temps de procédure du Doppler des flux et de l'ED

L'avantage du Doppler des flux est sa rapidité d'exécution par rapport à l'ED classique. En effet le Doppler des flux est réalisé en moyenne en 7 minutes par rapport aux 27 minutes de l'ED classique.

Ce gain de temps s'explique du fait que l'on enregistre le flux Doppler sur 12 sites artériels différents plutôt que de suivre le réseau artériel des iliaques communes aux artères très distales. Aucune étude dans la littérature n'avait comparé la durée de ces deux examens.

6) Limites de l'étude

Le caractère prospectif, multicentrique et comparatif de cette étude en fait une étude statistiquement intéressante.

Cependant, le faible nombre de patients inclus occasionne un manque de puissance.

L'étude a été réalisée en centre Hospitalier, ce qui peut représenter un biais en termes de représentativité par rapport à la population de ville.

De plus, cette recherche étant portée sur l'examen Doppler, une de ses limites est le caractère opérateur-dépendant de l'étude échographique, c'est à dire que ses performances sont directement liées à l'expérience du médecin.

Dans notre travail, le premier opérateur était toujours le même, à l'inverse, l'opérateur 2 était soit un des deux médecins du CHU de Nice soit un médecin de CH de Cannes.

Les spécialités de ces opérateurs étaient différentes, les deux médecins du CHU de Nice sont Cardiologues avec une formation de Vasculaire et le médecin du CH de Cannes est médecin Vasculaire de formation. Ce qui représente un biais de sélection.

Parmi 24 artériopathies proximales, un manque d'imagerie chez 8 de ces patients occasionne également une perte de puissance.

7) Perspectives

L'analyse de l'onde artérielle par le Doppler des flux offre une sensibilité moyenne et une bonne spécificité pour le diagnostic de l'AOMI.

En cas de Doppler pathologique, une ou plusieurs lésions en amont sont présentes mais pas nécessairement des lésions significatives.

Une étude avec un plus grand nombre de patients et une plus grande puissance sera donc nécessaire pour valider ces résultats.

Cependant, à l'aide des résultats de cette étude, nous pouvons proposer un algorithme diagnostique de l'AOMI intégrant le Doppler des flux chez un patient asymptomatique et symptomatique.

7.1) Chez le patient asymptomatique

Chez un patient asymptomatique adressé pour une recherche d'AOMI, un Doppler des flux de repos est réalisé (Figure 20) :

- S'il est anormal, le patient est porteur d'une AOMI stade I (sensibilité 85 %), l'examen doit alors être complété par un ED classique pour identifier une ou plusieurs lésions. Une onde artérielle pathologique sur un site donné doit entraîner systématiquement une étude écho-Doppler classique du segment en amont.
- S'il est normal, soit le patient n'a pas d'AOMI dans la majorité des cas (la spécificité est à 91 % dans la population de notre étude) soit le patient a une AOMI stade I.

Selon la Société Française de Médecine vasculaire (50), la mesure de l'IPS, couplée à l'analyse du signal Doppler des artères jambières à la cheville, est indiquée en examen de dépistage de l'AOMI chez un sujet avec facteurs de risque d'athérosclérose sans symptôme, ni signe d'AOMI, ou bien face à un sujet asymptomatique présentant des signes évocateurs d'AOMI.

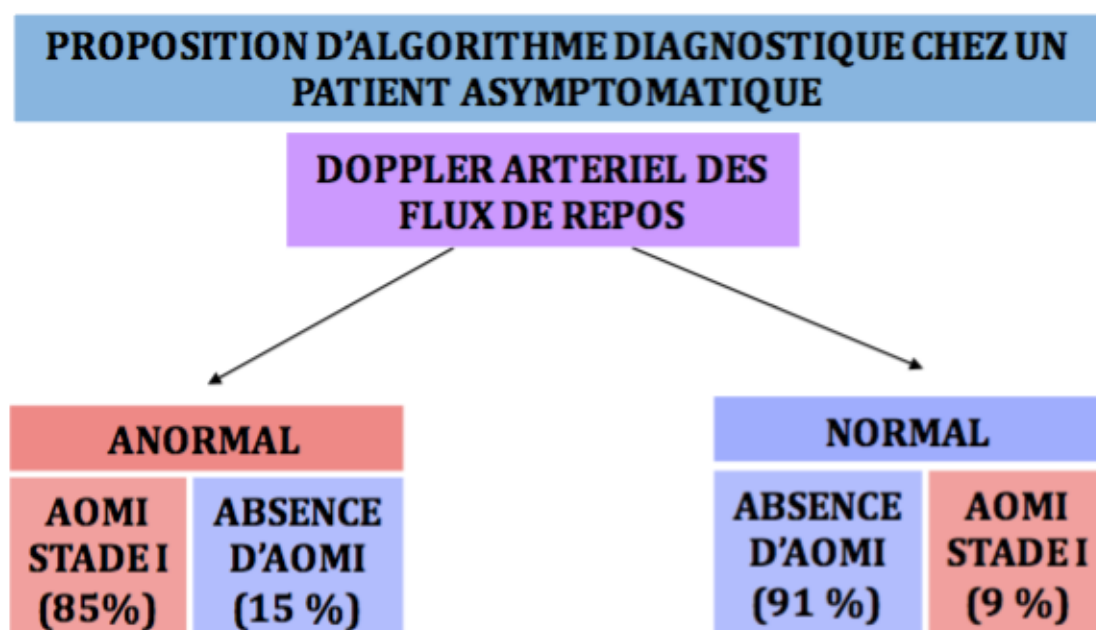


Figure 20 : Algorithme chez un patient asymptomatique

7.2) Chez le patient symptomatique

Chez un patient symptomatique adressé pour une recherche d'AOMI, un Doppler des flux de repos est réalisé.

✓ Si le patient est symptomatique au repos (Figure 21) :

- Avec un Doppler des flux « 12 points » anormal au repos, le patient est alors porteur d'une AOMI stade III ou IV de la classification de Fontaine et Leriche (sensibilité 100 %).

- Avec un Doppler « 12 points » normal, il n'y a pas d'AOMI.

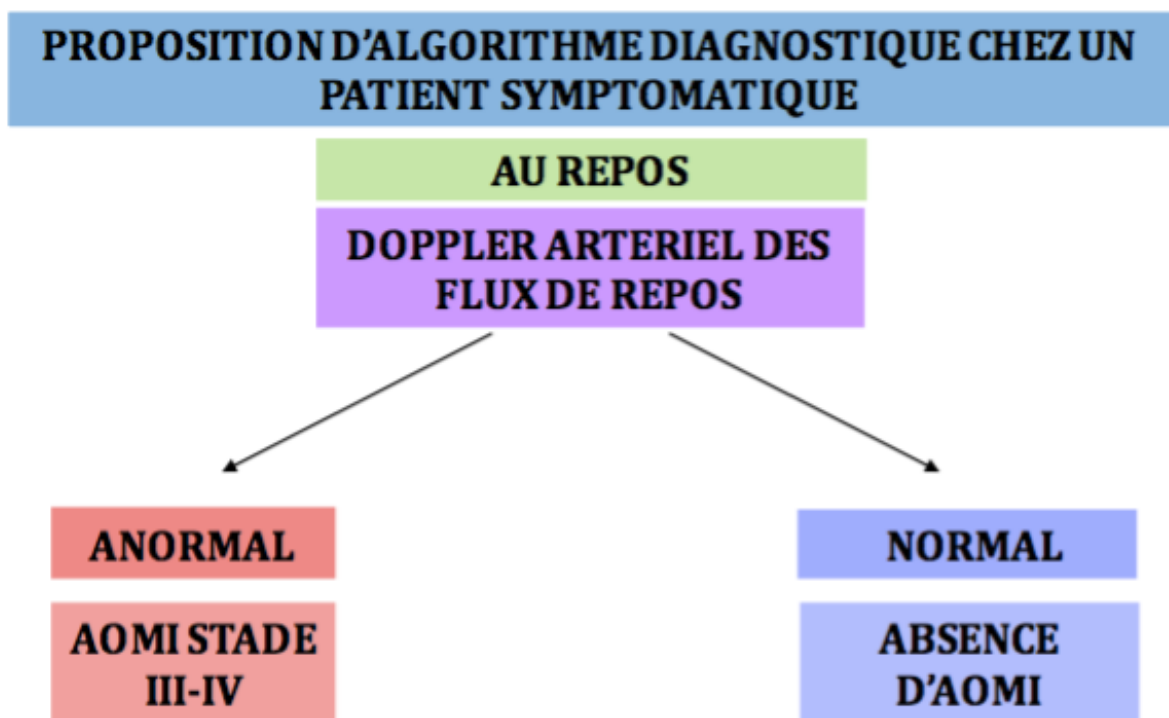


Figure 21: Algorithme chez un patient symptomatique au repos

✓ Si le patient est symptomatique à la marche (Figure 22) :

- Et que le Doppler des flux est pathologique, on peut conclure à une AOMI stade II (sensibilité 77 %).

- Si le Doppler est normal, on ne peut exclure une AOMI car on aura exploré le flux au repos alors que le patient présente des symptômes à l'effort. Il faut donc compléter le Doppler par un examen avec manœuvre de sensibilisation à l'effort : soit un ED classique avec manœuvres positionnelles (par exemple 15 à 30 flexions-extensions standards ou sur la pointe des pieds) soit par un IPS d'effort sur tapis roulant.

- Soit l'examen d'effort démasque une sténose hémodynamique ou une baisse de l'IPS à l'effort, et on diagnostique alors une AOMI stade II. Mais une endofibrose iliaque peut également être suspectée en fonction du terrain et des caractéristiques échographiques.
- Soit l'ED classique avec manœuvres positionnelles est anormal avec abolition du flux sous poplité lors de la traction de la sangle. On s'oriente alors vers une artère poplitée piégée.
- Soit l'examen d'effort est normal et l'AOMI est très peu probable.

On peut également proposer la mesure des pressions de loges (à la recherche d'un syndrome de loge chronique) et la mesure de la pression transcutanée d'oxygène (à la recherche d'une authentique ischémie).

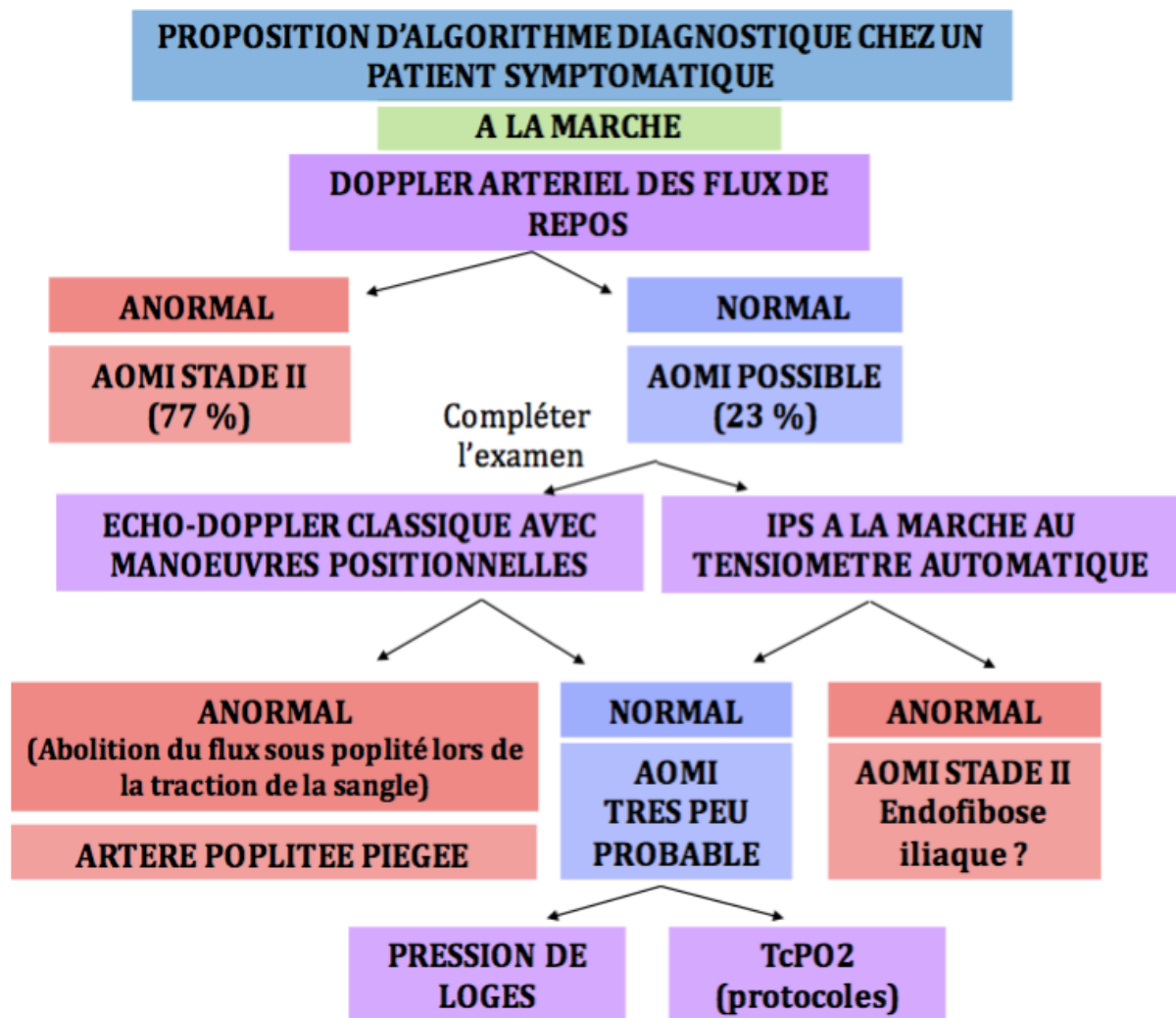


Figure 22: Algorithme chez un patient symptomatique à la marche

CONCLUSION

La méthode des flux est une technique intéressante de dépistage de l'AOMI.

Son intérêt principal se situe chez le patient symptomatique au repos (AOMI stade III-IV supposée) où sa sensibilité est de 100%.

Chez le claudicant et l'asymptomatique sa sensibilité est imparfaite et doit intégrer l'examen en fonction de la probabilité pré-test.

Elle offre un gain de temps non négligeable par rapport à l'ED classique.

En cas de Doppler des flux anormal, nous proposons de compléter par l'ED classique et surtout par l'étude du segment en amont de l'onde artérielle pathologique afin d'établir un diagnostic précis (sténose ou thrombose) et préciser sa localisation.

RESUME

Introduction : L'écho-Doppler (ED) est aujourd'hui une méthode de choix dans le diagnostic et l'évaluation de l'artériopathie chronique oblitérante des membres inférieurs. La réduction locale de l'aire de section de la lumière d'une artère en échographie donne naissance à des *signes directs* (au niveau de l'obstacle) et des *signes indirects*, d'amont et d'aval, représentés par l'altération de la modulation du signal Doppler. L'objectif principal est de déterminer la faisabilité de la méthode des flux comparativement à l'ED classique.

Matériels et méthodes : Nous avons mené une étude multicentrique et prospective. Chaque patient inclus bénéficiait par 2 opérateurs différents d'une analyse des flux proximaux et distaux au niveau de 12 sites et d'un ED classique. Chaque examen était chronométré. En cas d'artériopathie proximale, un examen d'imagerie des membres inférieurs était réalisé.

Résultats : Nous avons inclus 44 patients.

Parmi les 44 patients, 33 AOMI ont été diagnostiquées par l'ED classique et 28 par le Doppler des flux. La sensibilité du Doppler des Flux est de 85 % et la spécificité de 91 %.

La sensibilité du Doppler des flux par rapport à l'imagerie est de 94 % et sa spécificité de 100%.

Le temps moyen du Doppler des Flux est de 7 minutes et celui du Doppler classique de 27 minutes ($p=0,020$).

Conclusion : La méthode des flux est une technique intéressante de dépistage de l'AOMI.

Son intérêt principal se situe chez le patient symptomatique au repos (AOMI stade III-IV supposée) où sa sensibilité est de 100%.

Elle offre un gain de temps non négligeable par rapport à l'ED classique.

BIBLIOGRAPHIE

1. Norgren L, Hiatt WR, Dormandy JA, Nehler MR, Harris FA, Fowkes FGR, on behalf of the TASC II Working Group. Inter- society consensus for the management of peripheral arterial disease (TASC II). *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2007 ;33(Suppl 1): S1-75.
2. Tendera M, Aboyans V, Bartelink ML, et al. ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of peripheral artery diseases. *Eur Heart J* 2011 ; 32 : 2851-906.
3. 2011 ACCF/AHA Focused Update of the Guideline for the Management of Patients With Peripheral Artery Disease (Updating the 2005 Guideline). *Vasc Med*. 1 déc 2011;16(6):452-476.
4. Conte MS, Pomposelli FB, Clair DG, et al. Society for Vascular Surgery practice guidelines for atherosclerotic occlusive disease of the lower extremities: management of asymptomatic disease and claudication. *J Vasc Surg* 2015;61:Suppl:2S-41S.
5. Haute Autorité de Santé. Recommandations pour la pratique clinique. Prise en charge de l'artériopathie chronique oblitérante athéroscléreuse des membres inférieurs (indications médicamenteuses, de revascularisation et de rééducation). Argumentaire et Recommandations. 2006.
6. Benhamou AC, Dadon M, Emmerich J, Fontaine P, Got I, Guillausseau PJ et al. Arthériopathie des membres inférieurs chez le diabétique. Recommendation of ALFEDIAM. *Diabetes Metab* 1997; 23:541-8.
7. Chen Q, Smith CY, Bailey KR, Wennberg PW, Kullo IJ. Disease location is associated with survival in patients with peripheral arterial disease. *J Am Heart Assoc* 2013;2(5):e000304.

8. Aboyans V, Criqui MH, Abraham P, et al. Measurement and interpretation of the ankle-brachial index: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2012;126:2890-909.
9. Fowkes FG, Rudan D, Rudan I, et al. Comparison of global estimates of prevalence and risk factors for peripheral artery disease in 2000 and 2010: a systematic review and analysis. *Lancet* 2013;382: 1329-40.
10. Allison MA, HO E, Denenberg JO, et al. Ethnic-specific prevalence of peripheral arterial disease in the United States. *Am J Prev Med* 2007;32:328-33.
11. Mahoney EM, Wang K, Cohen DJ, et al. One-year costs in patients with a history of or at risk for atherothrombosis in the United States. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes* 2008;1:38-45.
12. Hiatt WR. Medical treatment of peripheral arterial disease and claudication. *New Engl J Med* 2001; 344:1608-21.
13. Kullo IJ, Bailey KR, Kardia SL, Mosley TH Jr, Boerwinkle E, Turner ST. Ethnic differences in peripheral arterial disease in the NHLBI Genetic Epidemiology Network of Arteriopathy (GENOA) study. *Vasc Med* 2003;8:237-42.
14. Singh S, Bailey KR, Kullo IJ. Ethnic differences in ankle brachial index are present in middle-aged individuals without peripheral arterial disease. *Int J Cardiol* 2013;162:228-33.
15. Chirossel P, Barbe R, Clermont A, Revel D, Amiel M. Notion de sténose artérielle critique: intérêt d'une modélisation des mesures obtenues par méthode angiographique et technique Doppler, avant et après angioplastie endoluminale des artères iliaques. *J Mal Vasc* 1988; 13:89-94.
16. Rutherford RB, Flanigan DP, Gupta SK, Johnston KW, Karmody A, Whittemore AD et al. Suggested standards for reports dealing with lower extremity ischemia. *J Vasc Surg* 1986; 4:80-94.

17. Steg PG, Bhatt DL, Wilson PW, et al. One-year cardiovascular event rates in outpatients with atherothrombosis. *JAMA* 2007;297:1197-206.
18. Kumbhani DJ, Steg PG, Cannon CP, et al. Statin therapy and long-term adverse limb outcomes in patients with peripheral artery disease: insights from the REACH registry. *Eur Heart J* 2014;35:2864-72.
19. Fowkes FG, Murray GD, Butcher I, et al. Ankle brachial index combined with Framingham Risk Score to predict cardio-vascular events and mortality: a meta-analysis. *JAMA* 2008;300:197-208.
20. Hirsch AT, Criqui MH, Treat-Jacobson D, et al. Peripheral arterial disease detection, awareness, and treatment in primary care. *JAMA* 2001;286:1317-24.
21. Rutherford RB, Flanigan DP, Gupta SK, Johnston KW, Karmody A, Whittemore AD et al. Suggested standards for reports dealing with lower extremity ischemia. *J Vasc Surg* 1986; 4:80-94.
22. Rutherford RB, Baker JD, Ernst C, Johnston KW, Porter JM, Ahn S et al. Recommended standards for reports dealing with lower extremity ischemia: revised version. *J Vasc Surg* 1997; 26:517-38.
23. ANAES. Echographie-doppler dans l'artériopathie oblitérante des membres inférieurs. 2002.
24. Koelemay MJ, den Hartog D, Prins MH, Kromhout JG, Legemate DA, Jacobs MJ. Diagnosis of arterial disease of the lower extremities with duplex ultrasonography. *Br J Surg* 1996 ; 83 (3) : 404-9.
25. Collins R, Cranny G, Burch J *et al.* A systematic review of duplex ultrasound, magnetic resonance angiography and computed tomography angiography for the diagnosis and assessment of symptomatic, lower limb peripheral arterial disease. *Health Technol Assess*, 2007 ; 11 : iii-iv, xi-xiii, 1-184.
26. Eiberg JP, Gronvall-Rasmussen Jb *et al.* Duplex ultrasound scanning of peripheral arterial disease of the lower limb. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2010; 40: 507-512.

27. Jäger KA, Phillips DJ, Martin RL, Hanson C, Roederer GO, Langlois YE et al. Noninvasive mapping of lower limb arterial lesions. *Ultrasound Med Biol* 1985; 11:515-21.
28. Angiosonologies: évolutions techniques et bases d'interprétation. Schuster I, EMC 2009.
29. De Smet AA, Ermers EJ, Kitslaar PJ. Duplex velocity characteristics of aortoiliac stenoses. *J Vasc Surg* 1996; 23:628-36.
30. Leng GC, Whyman MR, Donnan PT, Ruckley C, V, Gillespie I, Fowkes FG et al. Accuracy and reproducibility of duplex ultrasonography in grading femoropopliteal stenoses. *J Vasc Surg* 1993; 17:510-7.
31. Sacks D, Robinson ML, Marinelli DL, Perlmutter GS. Peripheral arterial Doppler ultrasonography: diagnostic criteria. *J Ultrasound Med* 1992; 11:95-103.
32. Strauss AL, Schäberle W, Rieger H, Roth FJ. Use of duplex scanning in the diagnosis of arteria profunda femoris stenosis. *J Vasc Surg* 1991; 13:698-704.
33. Moneta GL, Yeager RA, Antonovic R, Hall LD, Caster JD, Cummings CA, Porter JM. Accuracy of lower extremity arterial duplex mapping. *J Vasc Surg* 1992 ; 15 (2) : 275-83.
34. Whyman MR, Hoskins PR, Leng GC, Allan PL, Donnan PT, Ruckley CV, Fowkes FG. Accuracy and reproducibility of duplex ultrasound imaging in a phantom model of femoral artery stenosis. *J Vasc Surg* 1993 ; 17 (3) : 524-30.
35. Hoskins PR. Peak velocity estimation arterial stenosis models using colour vector Doppler. *Ultrasound Med Bio* 1997 ; 23 (6) : 889-97.
36. Allard L, Cloutier G, Durand LG, Roederer GO, Langlois YE. Limitations of ultrasonic duplex scanning for diagnosis lower limb arterial stenoses in the presence of adjacent segment disease. *J Vasc Surg* 1994 ; 19 (4) : 650-7.
37. Bergamini TM, Tatum CM Jr, Marshall C, Hall-Disselkamp B, Richardson JD. Effect of multilevel sequential stenosis on lower extremity arterial duplex scanning. *Am J Surg* 1995 ; 169 (6) : 564-6.

38. Fronek A, Oglevie S, Curran B, Fronek K. Combination of pressure and velocity parameters in the non-invasive diagnosis of aorto-iliac disease. *Vasc Med* 1999; 4:77-81.
39. Makita S, Ohira A, Murakami H, Itoh S, Hiramori K. Noninvasive detection of iliac artery disease and prediction of its severity from Doppler spectral analysis in common femoral artery. *Angiology* 1997; 48:615-21.
40. Currie IC, Wilson YG, Baird RN, Lamont PM. Postocclusive hyperaemic duplex scan: a new method of aortoiliac assessment. *Br J Surg* 1996; 82:1226-9.
41. Kitslaar PJ, Jorning PJ, Köhlen JP. Assessment of aortoiliac stenosis by femoral artery pressure measurement and Doppler waveform analysis. *Eur J Vasc Surg* 1988; 2:35-40.
42. Flanigan DP, Collins JT, Schwartz JA. Hemodynamic and arteriographic evaluation of femoral pulsatility index. *J Surg Res* 1982; 32:234-8.
43. Bagi P, Sillesen H, Bitsch K, Buchardt-Hansen HJ. Doppler waveform analysis in evaluation of occlusive arterial disease in the lower limb: comparison with distal blood pressure measurement and arteriography. *Eur J Vasc Surg* 1990; 4:305-11.
44. Bagi P, Sillesen H, Buchardt-Hansen HJ. Quantitative Doppler ultrasound evaluation of occlusive arterial disease in the lower limb. *Eur J Vasc Surg* 1988; 2:409-15.
45. Tacke J, Schurmann K, Vorwerk D, Gunther RW. Color- coded duplex sonography of experimentally induced multilevel stenosis. Evaluation of poststenotic Doppler spectrum. *Invest Radiol* 1995 ; 32 (7) : 389-95.
46. Schneider PA, Ogawa DY. Is routine preoperative aor- toiliac arteriography necessary in the treatment of lower extremity ischemia? *J Vasc Surg* 1998 ; 28 (1) : 28-34.
47. Burnham SJ, Jaques P, Burnham CB. Non invasive de- tection of iliac artery stenosis in the presence of su- perficial artery obstruction. *J Vasc Surg* 1992 ; 16 (3) : 445-51.

48. Steven S. Gale, MD, Robert P. Scissons, RVT, Sergio X. Salles-Cunha et al. Lower extremity arterial evaluation: Are segmental arterial blood pressures worthwhile? *J Vasc Surg* 1998 ;27:831-9.
49. Dean T, Keith G, Patricia P. An Evaluation of the Efficacy of Methods Used in Screening for Lower-Limb Arterial Disease in Diabetes. *Diabetes Care* 28:2206–2210, 2005.
50. Becker F, Luizy F, Baud J-M, Pichot O. Standards de qualité pour la pratique des examens Doppler et écho-Doppler artériel des membres inférieurs en médecine vasculaire. Rapport de la Société française de médecine vasculaire (SFMV). *J Mal Vasc.* déc 2011;36(6):364-385.
51. Carter SA. Indirect systolic pressures and pulse waves in arterial occlusive disease of the lower extremities. *Circulation* 1968; 37:624-37.
52. Bollinger A, Schlumpf M, Buholzer F, Grüntzig A, Butti P. Ergometric performance and peripheral hemodynamics in patients with isolated occlusions of the iliac and femoral arteries. *Vasa* 1973; 2:228-32.
53. Becker F, Léger P. Explorations microcirculatoires Ch 6 (pages 62–71). In: Boccalon H, Lacroix P (Ed.). *Artériopathies des Membres*. Paris: Masson; 2001.
54. Boccalon H, Leher P, Mosnier M. Assessment of the prevalence of atherosclerotic lower limb arteriopathy in France as a systolic index in a vascular risk population. *J Mal Vasc.* 2000; 25:38-46.
55. Behar T, Bosson JI, Galanaud jp, Thoret S, Rolland C, Bura Rivières A et al. Evaluation de la prévalence et des facteurs de risque de l'artériopathie oblitérante des membres inférieurs dans le cadre d'une campagne de dépistage ambulatoire. *Journal des maladies vasculaires.* 2012/2013; 38:22-28.
56. Tehan PE, Bray A , Chuter V Non-invasive vascular assessment in the foot with diabetes: sensitivity and specificity of the ankle brachial index, toe brachial index and continuous wave Doppler for detecting peripheral arterial disease. *Journal of Diabetes and Its Complications*, 30 (2016), 155–160.

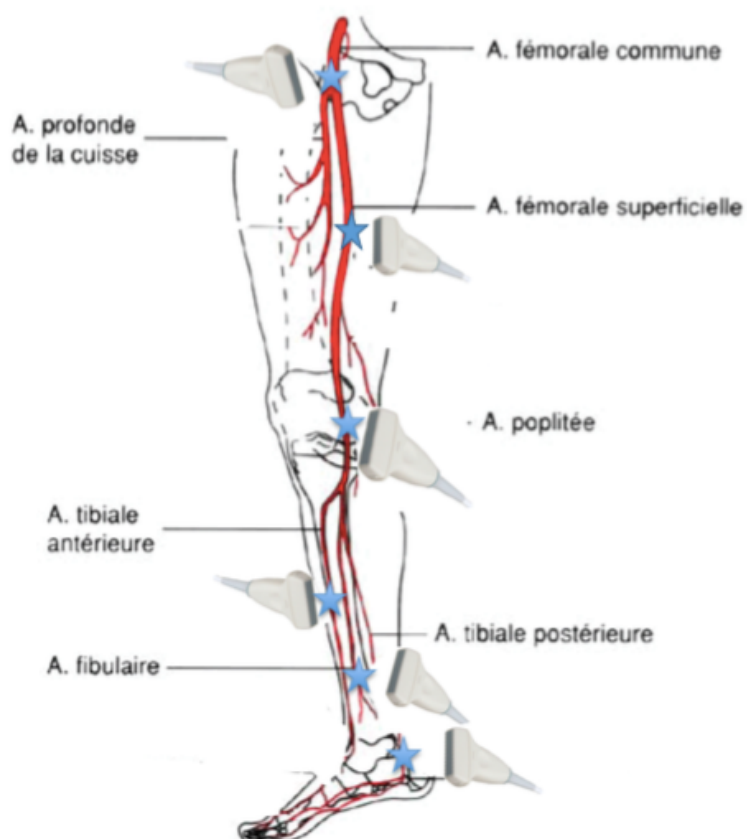
57. Williams, D. T., Harding, K. G., & Price, P. An evaluation of the efficacy of methods used in screening for lower-limb arterial disease in diabetes. *Diabetes Care*, 2005, 28(9), 2206–2210.
58. Simon A, Papoz L, Ponton A, Segond P, Becker F, Drouet L et al. Feasability and reliability of ankle/arm blood pressure index of preventive medicine. *Angiology* 2000;51:463- 71.
59. Lijmer JG, Hunink MG, van den Dungen JJ, Loonstra J, Smit AJ. ROC analysis of noninvasive tests for peripheral arterial disease. *Ultrasound Med Biol* 1996;22:391-8.
60. Abraham P, Desvaux B, Colin D, Leftheriotis G, Saumet JL. Heart rate-corrected ankle-to- arm index in the diagnosis of moderate lower extremity arterial disease. *Angiology* 1995;46:673-7.
61. Feigelson HS, Criqui MH, Fronek A, Langer RD, Molgaard CA. Screening for peripheral arterial disease: the sensitivity, specificity, and predictive value of noninvasive tests in a defined population. *Am J Epidemiol* 1994;140:526-34.
62. Baxter GM, Polak JF. Lower limb colour flow imaging: a comparison with ankle: brachial measurements and angiography. *Clin Radiol* 1993;47:91-5.
63. Nicholson ML, Byrne RL, Steele GA, Callum KG. Predictive value of bruits and Doppler pressure measurements in detecting lower limb arterial stenosis. *Eur J Vasc Surg* 1993;7:59- 62.
64. Ouriel K, McDonnell AE, Metz CE, Zarins CK. A critical evaluation of stress testing in the diagnosis of peripheral vascular disease. *Surgery* 1982;91:686-93.
65. Chevalier JM, Enon B, Walder J, Barral X, Pillet J, Megret A, et al. Endofibrosis of the external iliac artery in bicycle racers: an unrecognized pathological state. *Ann Vasc Surg* 1986;1:297—303.
66. Sarlon-Bartoli G, Lazraq M, Bartoli M.A. et al. Endofibrose de l'artère iliaque externe diagnostiquée par écho-doppler post-effort. *Journal des Maladies Vasculaires*. Volume 37, Issue 3, Juin 2012, Pages 150–154.

67. Schep G, Bender MH, van de Tempel G, Wijn PF, de Vries WR, Eikelboom BC. Detection and treatment of claudication due to functional iliac obstruction in top endurance athletes: a prospective study. *Lancet* 2002;359:466—73.
68. Lim CS, Gohel MS, Shepherd AC, Davies AH. Iliac artery compression in cyclists: mechanisms, diagnosis and treatment. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2009;38:180—6.
69. Abraham P, Saumet JL, Chevalier JM. External iliac artery endofibrosis in athletes. *Sports Med* 1997;24:221e6.
70. Schep G, Bender MH, Schmikli SL, Wijn PF. Color doppler used to detect kinking and intravascular lesions in the iliac arteries in endurance athletes with claudication. *Eur J Ultrasound* 2001;22:475—87.
71. Peach G, Schep G, Palfreeman R, Beard JD, Thompson MM, Hinchliffe RJ. Endofibrosis and kinking of the iliac arteries in athletes: a systematic review. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2012;43:208—17.
72. Met R, Bipat S, Legemate DA *et al*. Diagnostic performance of computed tomography angiography in peripheral arterial disease: a systematic review and meta-analysis. *JAMA*, 2009 ; 301 : 415-424.
73. Napoli A, Anzidei M, Zaccagna F *et al*. Peripheral arterial occlusive disease : diagnostic performance and effect on the therapeutic management of 64-section CT angiography. *Radiology*, 2011; 261: 976- 986.
74. Diehm N1, Shang A, Silvestro A *et al*. Association of cardiovascular risk factors with pattern of lower limb atherosclerosis in 2659 patients undergoing angioplasty. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2006 Jan;31(1):59-63.
75. Bandyk DF, Seabrook GR, Moldenhauer P, Lavin J, Edwards J, Cato R *et al*. Hemodynamics of vein graft stenosis. *J Vasc Surg* 1988;8:688-95.
76. Nielsen TG1, von Jessen F, Sillesen H, Schroeder TV. Doppler spectral characteristics of infrainguinal vein bypasses. *Eur J Vasc Surg*. 1993 Nov;7(6):610-5.

ANNEXES

ANNEXE 1 : Protocole Doppler des flux

Etiquette Patient :



Aorte :

	Triphasique	Amorti	Démodulé
FC dt			
FS dt			
Pop dt			
TA dt			
TP dt			
Pér dt			
FC g			
FS g			
Pop g			
TA g			
TP g			
Pér g			

ANNEXE 2 : Protocole Echo-Doppler classique

Etiquette Patient :

Aorte :

	Evaluation échographique du pourcentage de sténose	Vit syst / Vit diast	Ratio PSV	Descriptif lésionnel	Signes indirects
Iliaque ext dt					
FC dt					
FP dt					
FS dt					
Pop dt					
TA dt					
TP dt					
Pér dt					
Iliaque ext g					
FC g					
FP g					
FS g					
Pop g					
TA g					
TP g					
Pér g					

SERMENT D'HIPPOCRATE

En présence des Maîtres de cette Faculté, de mes chers condisciples et selon la tradition d'Hippocrate :

Je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine.

Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent, et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Admis à l'intérieur des maisons mes yeux n'y verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses. Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque.